I. 5
RL
LIBRARY OF PRINCETON
JUN 17 1910
THEOLOGICAL SEMINARY.

Etude critique et expérimentale

sur le

Polymorphisme des Algues

par

ROBERT CHODAT
Recteur de l'Université.
Professeur à la Faculté des Sciences.

Avec XXI planches.

Mémoire publié à l'occasion du Jubilé de l'Université.
1559 — 1909

GENÈVE
1909

I-5

6.17.10.

Library of the Theological Seminary,

PRINCETON, N. J.

Presented by University of Geneva.

Division I

Section 5

R L

QK565 .C6 1909
Chodat, Robert, 1865-1934.
Itude critique et
expirimentale
sur le polymorphisme des
algues /

Etude critique et expérimentale

sur le

Polymorphisme des Algues.

Mémoire publié à l'occasion du Jubilé de l'Université de Genève.

LIBRARY OF PRINCETON
JUN 17 1910
THEOLOGICAL SEMINARY.

Etude critique et expérimentale

sur le

Polymorphisme des Algues

par

ROBERT CHODAT
Recteur de l'Université.
Professeur à la Faculté des Sciences.

L'expérience est la seule
méthode précise; c'est la
base de toute discussion.
PASTEUR.

Avec XXI planches.

GENÈVE
LIBRAIRIE GEORG & Cie
Libraires de l'Université.

1909

La Société botanique allemande, ayant mis au concours *Une étude critique et scientifique sur le Polymorphisme des Algues,* a couronné le présent Mémoire dans sa séance du 27 mars 1908.

Voir *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft,* Band XXVIa, p. 197.

CHAPITRE I

Principes et Méthodes.

VANT de commencer une étude critique, il faut s'entendre sur les termes. Déjà trop souvent, des auteurs se sont disputés, faute de s'être compris. Qu'entend-on par les mots de polymorphisme, polymorphie, Vielgestaltigkeit ? Les termes peuvent avoir un sens populaire et un sens scientifique. Il s'agit de ne pas utiliser une expression qui prêterait à confusion. Cela est d'autant plus nécessaire, dans le cas particulier, que le terme figure dans l'énoncé du concours. Plus encore, il est nécessaire de définir clairement ce terme parce que les critiques du polymorphisme chez les Algues semblent avoir compris sous ce nom le pouvoir qu'auraient certaines espèces de se transformer en d'autres espèces. Nous trouvons en effet cette définition implicitement acceptée par Klebs[1] quand il fait la critique du poly-

[1] *Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen*, 1896, p. 172.

morphisme : « Der gemeine, überall verbreitete Organismus *Pleurococcus vulgaris* zeigte z. B. nie etwas anderes als vegetative Teilung, und er liess sich in keiner Weise in eine andere Alge umwandeln ».

Cette opinion que Polymorphisme est synonyme de Mutation (Umwandlung) s'explique peut-être par les tendances qui ont marqué les travaux des algologues comme Agardh[1] et Kützing[2], dans lesquels on parle de la métamorphose « de metamorphosi algarum » « über die Umwandlung niederer Algenformen in höhere, sowie auch in Gattungen ganz verschiedener Familien und Klassen höherer Cryptogamen mit zelligem Bau ».

Cette idée de Kützing est exprimée clairement dans le § X de ses conclusions, p. 114 : « Dass der Begriff von Art, Gattungen, Familien und Klasse bei den Kryptogamischen Zellpflanzen schwankend sein muss ».

Elle est d'ailleurs aussi contenue dans le travail de début de Klebs[3].

« Diese Variabilität der Desmidiaceen nach Bau und Gestalt ihrer vegetativen Zellen macht es unmöglich nach morphologischen Charakteren der letzteren allein, Arten zu begrenzen. Sie lehrt uns vielmehr einen innigen Zusammenhang der einzelnen Formen untereinander, ein Übergehen der einen in die andere erkennen.... In welcher Umgrenzung in dieser Familie überhaupt Arten anzunehmen sind, lässt sich nach unseren Kenntnissen in keiner Weise entscheiden.... Da nun bei anderen Algengruppen gewisse Formenkreise durch die gleiche Entwicklung ihrer Glieder als Arten erkannt werden können,

[1] Agardh, *Dissertatio de Metamorphosi Algarum*, Lundae, 1870.
[2] Kützing, F. T., *Umwandlung niederer Algenformen.*
[3] *Die Formen einiger Gattungen der Desmidiaceen Ostpreussens*, p. 42.

wäre es immerhin möglich, durch genaue Untersuchung des Baues, der Bildung und Keimung der Zygosporen bei sämtlichen Formen solche fester begrenzte Arten trotz der Variabilität, auch in der Familie der Desmidiaceen zu finden... ».

En deux mots, l'auteur ignore si dans la famille des Desmidiacées il y a des espèces ou non et s'il ne faut pas réunir toutes les formes végétatives qui se laissent disposer en séries confluentes, en une seule espèce.

Klebs précise ainsi sa pensée[1] :

« Aus diesen Untersuchungen die in derselben Weise von mir auch auf die anderen Desmidiaceen ausgedehnt worden sind, ergibt sich für die letzteren das schon kurz in der Einleitung hervorgehobene Resultat, ihre grosse Mannigfaltigkeit der Formen (Polymorphisme sans doute ?), hervorgerufen durch die Variabilität derselben. Denn nicht beruht erstere etwa darauf, dass sich eine Menge verschiedener Formentypen hier vorfinden, wie z. B. bei den Diatomeen ; hier beobachtet man vielmehr eine relativ kleine Anzahl derselben, durch deren Gestaltsmodificationen allein eine solche Fülle der Formen gebildet wird ».

Malgré toute cette variabilité l'auteur admet cependant : « dass es immerhin möglich wäre, durch genaue Untersuchungen des Baues, der Bildung und Keimung der Zygosporen bei sämtlichen Formen solche fester begrenzte Arten trotz der Variabilität auch in der Familie der Desmidiaceen zu finden ».

Ainsi cet auteur tout en défendant l'excessif polymorphisme des Desmidiacées (Mannigfaltigkeit der Formen)

[1] *Loc. cit.*, p. 41.

espère que l'on pourra arriver un jour à trouver aussi chez ces plantes, dès qu'on connaîtra mieux l'histoire évolutive de chaque forme fondamentale, une certaine constance spécifique.

L'obscurité dans les termes, tant chez les partisans que chez les adversaires du polymorphisme, s'explique peut-être par la contradiction qu'ils sentent inconsciemment dans l'énoncé de leurs expériences pratiques et leurs convictions théoriques.

Nous allons nous expliquer :

Depuis que par les démonstrations de Pasteur, la théorie de la génération spontanée a perdu toute base expérimentale et que personne n'a ébranlé par une expérience sérieuse cette conviction que partagent actuellement tous les naturalistes que, dans nos conditions d'expérience, la vie ne naît pas spontanément, il y a une contradiction entre les convictions phylogénétiques des naturalistes et leurs constatations.

Cette contradiction Klebs[1] l'exprime ainsi. « Die Variationen in der Grösse, Gestalt der Zellstruktur, in dem Abhängigkeitsverhältnis zur Aussenwelt bewegen sich innerhalb bestimmter, bisher nicht überschreitbarer Grenzen. Die Konstanz der Spezies tritt wenigstens bei den Kulturen und Versuchen auffallend klar entgegen ; es wird von weitern Versuchen mit längerer Dauer, besseren Methoden abhängen, ob die Grenzen nicht doch durchbrochen werden können. Darauf weisen schon die wichtigen Beobachtungen an gewissen Bakterien .... Ähnliches konnte bisher bei den Algen nicht erreicht werden, ist aber später zu erreichen möglich[2]. »

[1] *Loc. cit.*, p. 181.
[2] *Loc. cit.*, p. 181.

La plupart des naturalistes sont évolutionnistes c'est-à-dire qu'ils admettent la transformation des espèces les unes dans les autres, selon certaines règles, *au cours des temps passés*. Mais nous ne pensons pas que parmi les algologues actuellement vivants (Dunbar excepté) qui ont écrit pour ou contre le polymorphisme, il y en ait qui considèrent le polymorphisme comme l'expression d'un pouvoir de métamorphose d'un type de plante en un autre type de plante. Même Hansgirg qui, parmi les modernes, a poussé le plus loin cette croyance au polymorphisme, ne paraît pas supposer que ce polymorphisme puisse être confondu avec une métamorphose dans le sens de Kützing ou d'Agardh. Hansgirg dit en effet[1] : « Am Ende dieses kurz gefassten Exposé über den Polymorphismus der Algen, halte ich es für meine Pflicht zu erwähnen, dass die Lehre vom Polymorphismus der Algen nicht kurzweg gleichbedeutend ist mit der Lehre von der Umwandlung niederer Pflanzenformen in höhere, welche die sogenannte Darwinsche Theorie voraussetzt und die Kützing in seiner Schrift.... durch seine Beobachtungen und Untersuchungen zu beweisen versuchte. Man hat bisher, selbst bei den einfachsten Organismen, keine derartige Umwandlung nachgewiesen ; im Gegenteil ist durch neuere Beobachtungen auch an diesen Organismen festgestellt worden, dass sie den höheren gleich bloss einen bestimmten Cyclus von Umwandlungen durchlaufen, ohne über diese hinaus kommen zu können ; es kann also eine polymorphe Alge nach einer Reihe von Metamorphosen nur wieder diejenige Form annehmen, in welcher man sie zuerst beobachtet hat. »

[1] Bot. Centralblatt, *l. c.*, vol. XXII, p. 402.

Ainsi Hansgirg lui-même ne confond pas polymorphisme et mutation. Sa seule affirmation est que la plupart des Algues varient excessivement selon les circonstances. Sa théorie (Lehre) du polymorphisme n'est que cette constatation, qu'il croit avoir faite, que des formes considérées jusqu'alors par les auteurs comme distinctes, appartiennent au cycle d'évolution d'une seule espèce. Sur ce point il est plus explicite que Klebs, dans son *Mémoire sur les Desmidiées de la Prusse,* qui n'admet que problématiquement l'existence d'espèces stables parmi les Desmidiées.

Quant à Borzi[1], il est de la même opinion; ses divers travaux tendent à faire connaître les divers états sous lesquels selon les circonstances une même Algue peut se rencontrer.

Chodat dans ses publications poursuit le même but, établir le cycle d'évolution d'espèces particulières. Dans son étude intitulée : «The principles of the evolution of green Algae[2]» il cherche seulement à montrer quel parti on peut tirer de la connaissance du cycle complet de l'évolution des Algues, pour une systématique rationnelle et pour l'établissement d'une filiation hypothétique des Algues.

A ce propos, Chodat demande que ses observations ne soient pas confondues avec celles de Kützing, Hansgirg et Borzi « wich were not derived from direct observation or pure cultures » (*l. c.,* 101). Il est évident que pour cet auteur aussi polymorphisme n'a rien de commun avec mutation.

On ne comprend pas bien pourquoi certains auteurs attaquant la théorie du polymorphisme se plaisent à con-

[1] Borzi, *Studi algologici*, fasc. I, II, Messina, 1883, Palermo, 1895.

[2] Chodat, *The principles of the evolution of the green Algae,* Annals of Botany, vol. XI, 1897, p. 97-121.

fondre des notions qui étaient clairement séparées dans l'esprit des auteurs qu'ils critiquent.

Ainsi les soi-disant ennemis du polymorphisme se sont fait une victoire facile en détruisant une théorie qui n'existait pas, celle du transformisme actuel des espèces les unes dans les autres.

En examinant la bibliographie je me suis souvent demandé si les auteurs en question n'ont pas créé, inconsciemment, eux-mêmes, le fantôme du polymorphisme, synonyme de mutabilité des Algues, espèce de fantoche vis-à-vis duquel ils avaient une facile victoire.

Il serait pourtant intéressant de savoir du Chef même de cette école, M. le prof. Klebs[1], ce qu'il pense de ses premiers travaux sur le polymorphisme des Desmidiées.

Il nous serait facile d'obtenir une victoire sur les idées émises dans ce travail, en ayant l'air d'ignorer que cependant l'auteur concède qu'il se pourrait que, dans cette famille aussi, il peut y avoir des espèces proprement dites.

Par conséquent notre tâche est bien simplifiée. C'est une pure question d'évolution ontogénique qu'il nous faudra traiter et qu'on peut formuler ainsi :

Les affirmations des auteurs qui ont parlé du polymorphisme des Algues sont-elles exactes ? C'est-à-dire les formes qu'ils font dériver les unes des autres et qui selon eux appartiennent à une seule espèce sont-elles spécifiquement distinctes ou font-elles réellement partie du cycle évolutif des espèces auxquelles on les a rapportées ?

Le polymorphisme ou polymorphie (on dit aussi souvent pléomorphisme ou pléomorphie) est une qualité de l'être qui se présente sous plusieurs formes.

[1] Klebs, *Desmidiaceen Ostpreussens,* Inaug. Dissert., Königsberg, 1879.

C'est une propriété que possèdent certaines espèces de revêtir des formes différentes sans changer de nature. On dit aussi en chimie ou en cristallographie qu'une substance est polymorphe, quand elle affecte plusieurs formes sans changer de nature (ainsi le carbonate de calcium qui cristallise dans deux systèmes différents, le soufre, le phosphore, etc.).

En biologie, on admet plusieurs sortes de polymorphismes. Le polymorphisme œcogénique résulte de l'action du milieu sur les espèces (saison, habitat, nourriture) ; il s'exprime par les morphoses : aéro-, chimio-, photo-bio-morphoses. Aux actions incidentes, simples ou complexes, correspond une morphologie spéciale : *Batrachium,* feuilles dont la forme et la structure varie selon le milieu, sans que la plante change de nature (voir d'autres exemples dans Gœbel, *Biologische Schilderungen)* ; couleur des *Oscillatoria* variant adaptativement selon les longueurs d'onde de la lumière incidente (voir les travaux d'Engelmann et Gaidukow) ; position des tubercules de la pomme de terre en fonction de la lumière (Vœchting) ; crassulescence des feuilles en fonction de la salure (Lesage). On trouvera de nombreux exemples de morphoses en fonction du milieu dans le livre de Gœbel, *Organographie der Pflanzen.*

Parfois ce polymorphisme est un résultat de variations du milieu naturel, par exemple dans les plantes amphibies, c'est une pure question de variation ; alors les descripteurs indiquent les diverses possibilités de l'être. D'autres fois le polymorphisme est du domaine de la tératologie, comme celui des bactéries des Légumineuses en culture ou développées en bactéroïdes dans l'organisme, ou toute autre déformation qui indique un état pathologique habi-

tuel ou exceptionnel (voir le résumé qu'en a fait Küster, *Anat. Pflanzenpathologie).* Il est difficile de délimiter exactement les morphoses *eubiotiques* qui assurent une survie, de celles nommées *antibiotiques* qui sont contraires à la vie, mettent en danger l'existence ou aboutissent à son déclin.

Les formes aberrantes ont souvent été nommées formes d'*involution* par opposition à celles qu'on considère comme normales ou d'*évolution*.

Le polymorphisme vrai, dans le cycle évolutif, est celui d'une espèce qui présente au cours de son développement des formes parfois très différentes les unes des autres, soit qu'elles s'engendrent soit qu'elles se juxtaposent. Dans le premier cas, il y a polymorphisme métagénique. Dans le second cas, il y a polymorphisme ergatogénique résultant de la division du travail et produisant par exemple le polymorphisme sexuel.

Un exemple du premier cas est la métagénèse des Insectes ; en botanique nous pourrions citer l'alternance des générations dans les Bryophytes et les Ptéridophytes. Dans ce dernier cas de polymorphisme chaque état peut se manifester pendant un temps ou même indéfiniment, sans passer par les autres, par exemple protonema ou prothalle qui bourgeonne ou se multiplie : gamétophytes de certaines mousses qui ne produisent presque jamais de sporophyte.

Du second cas nous citerons le polymorphisme floral (*Acer, Fraxinus, Catasetum,* etc.) exprimé souvent par la polygamie, le dimorphisme sexuel des *Primula* avec leurs formes hétérostylées etc., le polymorphisme des Urédinées, des Ascomycètes etc...

La première question est donc de savoir si les Algues

montrent oui ou non le polymorphisme, et puis ensuite si nous devons répondre par l'affirmative, de quelle nature est le polymorphisme des Algues ?

La seconde question presque aussi importante si ce n'est plus encore sera la suivante : Le polymorphisme des Algues tel que l'admettent les auteurs (Klebs, Hansgirg, Borzi, Chodat, etc.) est-il prouvé ? Quelle est la part de vérité qui se trouve dans les travaux de ces auteurs ? Quelles sont les erreurs commises ?

Disons tout de suite que tous les algologues acceptent, sans en employer toujours le terme, la notion du polymorphisme chez les Algues. Seulement quelques-uns, par exemple Hansgirg, défendent un polymorphisme très étendu, tandis que d'autres le réduisent à quelques espèces et finalement d'autres répudient le nom tout en reconnaissant la chose.

Le plus sérieux adversaire du polymorphisme (après l'avoir défendu en 1879 en ce qui concerne les Desmidiées), est certainement Klebs. Grâce à son autorité, méritée d'ailleurs par de beaux travaux sur la biologie et la physiologie des plantes inférieures, il a entraîné à sa suite une série de jeunes chercheurs qui ont exagéré la pensée du maître (voir Richter, *Die Bedeutung der Rein-Kultur*).

Cependant Klebs dit (Bd. 17) avec beaucoup de raison : « Nun kommt hinzu, dass tatsächlich die höheren Algen Entwicklungszustände besitzen die in ihrer äusseren Erscheinung niederen Algen gleichen ; der fehlerhafte Schluss, dass deshalb alle niedere Algen überhaupt Entwicklungsformen höherer Algen seien, ist oft genug gemacht worden. Schwärmende Gameten von *Chlamydo-*

[1] Richter, Berlin, Bornträger, 1907.

monasarten kann man nicht von Gameten von *Ulothrix* unterscheiden (? nob.); daraus folgt nicht dass *Chlamydomonas* zu *Ulothrix* gehört. So können Fadenalgen protococcusartige Zustände bilden; daraus folgt ebensowenig dass alle Protococcusarten zu höheren Fadenalgen gehören ».

Ainsi cet auteur accepte le fait mais il répudie le terme. Ses élèves ont décrit le développement d'Algues inférieures qui présentent un remarquable polymorphisme; ainsi Artari dans son *Entwicklung und Systematik einiger Protococcoideen* (*l. c.*)[1], Senn qui a, en partie, répété les recherches de Chodat et Huber sur le *Cœlastrum reticulatum,* etc. Dans les espèces décrites on remarque une grande variabilité. Ce dernier reconnaît que le *Cœlastrum microporum* peut exister à l'état de cellules isolées, il confirme les recherches de Chodat, mises en doute par Klebs, que le *Pleurococcus vulgaris* peut produire des filaments et cependant sa conclusion est que les Algues ne sont pas polymorphes[2].

Oltmans aussi s'est occupé de ce terme[3] :

« Polymorphismus was ist das? Man könnte sagen: Die unrechtmässige Vermengung differenter Spezies. Denn um dieses und nichts anderes handelt es sich in zahlreichen Fällen, in welchen das Wort Anwendung fand... Die älteren Forscher kombinierten noch Algen mit Moosprotonemen, die neueren begnügten sich mit der Vermengung von Protococcoideen u. a. »

Plus loin, parlant des morphoses subies par les Algues sous l'influence du milieu il continue : « Allüberall handelt

[1] Artari, Soc. imp. des Naturalistes, Moscou, 1892.
[2] Senn, *Ueber einige coloniebildende Algen,* Bot. Zeit., 1889.
[3] *Morphologie und Biologie der Algen,* Bd. II, p. 265.

es sich um Formativreize, und solchen gegenüber ist die eine Alge äusserst reactionsfähig, die andere wenig oder gar nicht. Will man die ersten als polymorph bezeichnen, so kann man das wohl tun, man muss sich aber dann nur vergegenwärtigen, dass dieser Terminus ein anderer ist als derjenige, welcher von den alten Algologen gebraucht wurde. Für mich hat das Wort aber einen so üblen Beigeschmak, dass ich es am liebsten ganz streichen möchte; es hat zu viel Unheil gestiftet, und wenn Chodat gelegentlich von seinen Gegnern schärfer angefochten ist als vielleicht nötig war, so hat er sich das zum Teil durch den umfangreichen Gebrauch zugezogen, den er von jenem Worte machte, und zwar ohne dessen Bedeutung immer präzis zu formulieren. Unklarheiten über den Begriff des Polymorphismus haben offenbar auch Tobler veranlasst alle abnormen Erscheinungen, welche er in kränkelnden Kulturen von Florideen wahrnahm, mit jenem Namen zu belegen.

« Chodat schreibt mir kürzlich dass er Polymorphismus anfasse als einen « Terme descriptif » zu verwenden für die Fälle, in welchen eine Alge « se présente sous plusieurs aspects ». Das scheint mir aber zu formalistisch zu sein und die Sache stimmt auch nicht ganz mit dem was sein Schüler Grintzesco, wie wir zeigten, hineinlegt... Schliessen wir uns den Darlegungen des letztern an, so ist polymorph und plastisch ungefähr dasselbe, und dann liegen Dinge vor, die eben im Pflanzenreich allgemein verbreitet sind.

« . . . Sind deshalb *Polygonum amphibium* polymorph ? Nein sie sind anpassungsfähig und mehr sind die Algen nicht, die man polymorph nennt. So lasse man eben jenes Wort weg oder man sei konsequent und dehne es auf das

ganze Reich des Organismus aus, man nenne also alle Pflanzen, deren Primärblätter anders gestaltet sind als die Folgeblätter, ja wenn man Lust hat, auch solche, die Knollen, Zwiebeln usw. bilden. Ich freilich mache das nicht mit ».

Toute cette argumentation est en partie de sentiment et en partie erronée. On parle de dimorphisme, de trimorphisme foliaire comme dans le cas de l'*Ilex Aquifolium,* du *Campanula rotundifolia,* de l'*Hedera Helix,* de l'*Eucalyptus Globulus*. On parle de polymorphisme floral, de dimorphisme floral lorsque comme dans beaucoup de végétaux phanérogames Dicotylédonés, il y a plusieurs sortes de fleurs [1]. Par conséquent nous ne verrions aucun inconvénient à conserver ce terme et à l'étendre lorsque, ainsi que cela arrive dans beaucoup de plantes, il y a non seulement dimorphisme foliaire mais réellement polymorphie comme dans le *Quercus Ilex*.

On pourra dire des plantes qui ont des écailles sur leur bulbe, des feuilles juvéniles d'autre forme que les feuilles définitives, et enfin ces dernières de forme variable, que leurs feuilles sont polymorphes. Mais ce serait une absurdité de dire que la plante elle-même est polymorphe.

D'ailleurs ce terme de polymorphie est employé par les auteurs les plus compétents dans le sens que nous lui donnons. Ainsi Haacke [2] dit : « Polymorphismus... weit in Tierreich und auch bei manchen Pflanzenarten, z. B. bei den Weiden.... Dem sexuellen Polymorphismus.... können wir den Standortspolymorphismus anreihen ». Lui aussi compare le polymorphisme aux états poly-

[1] Van Tieghem, *Traité*, p. 419, 420, 424 ; Bonnier, *Traité sur le Polymorphisme des fleurs,* p. 464.

[2] *Entwickelungsmechanik,* p. 241.

morphes des cristaux de carbonate de calcium. Delage[1] comprend ce terme dans le même sens. Hertwig[2] parle de « polymorphe Tierstöcke » ; voir aussi Weissmann[3].

Il n'y a guère que H. de Vries qui fasse une distinction entre « Die systematische Polymorphie » qui correspond à un mélange de races ou d'espèces élémentaires comme dans la notion des « Sammelspezies ». Mais lui aussi plus loin parle de polymorphie dans le sens qu'on lui donne habituellement[4] à propos des « Mittelrassen » : « Und wäre es nicht ein allgemeiner Brauch, sie inkonstant zu nennen, so täte man wohl besser, sie als polymorph oder pleiomorph oder vielleicht noch besser einfach dimorph zu bezeichnen. Als Mittelrassen haben wir jene inkonstanten Variätäten bezeichnet, welche ihre erhebliche Variabilität dem Antagonismus zweier inneren Eigenschaften verdanken ».

Ainsi on peut appeler polymorphe une espèce qui selon les circonstances se présente sous des aspects variables selon que l'un ou l'autre des déterminants devient prédominant ou récessif.

Dans une certaine mesure l'*Ulothrix zonata* présente un polymorphisme dans l'épaisseur variable de ses filaments et dans la variabilité de la formation de ses zoospores et de ses gamètes.

D'ailleurs Oltmans ne me paraît pas raisonner juste quand il dit que si polymorphisme et plasticité sont synonymes cela ne cadre pas avec l'idée de Chodat que polymorphisme est un simple terme descriptif, pour exprimer

[1] *Hérédité*, p. 449, 614, 691.
[2] *Allgemeine Biologie*, p. 431.
[3] *Vorlesungen über Descendenztheorien*, p. 318.
[4] *Mutationstheorie*, II, p. 518.

qu'une Algue se présente sous plusieurs aspects. Nous pensons que dans l'étude des phénomènes, le savant doit tout d'abord simplement décrire puis expliquer. Si donc il constate qu'une même algue se présente sous plusieurs aspects, il exprime cette constatation en disant que l'Algue est polymorphe. Par ce terme il entend ne rien préjuger sur les causes de ce polymorphisme.

Lorsqu'à la suite d'expériences, il aura établi une relation constante entre l'excitant et la morphose, il pourra parler de thermo-, de photo-, de soma-, de chimio-morphoses, de « Hemmungsbildungen » (inhibitions), d'adaptations.

Dans son Mémoire sur le *Polymorphisme des Algues et les principes de leur évolution,* Chodat a essayé de montrer tout le parti qu'on peut tirer de la constatation de formes aberrantes qui peuvent être parfois interprétées comme des retours ataviques (Rückschlag) ; Klebs a plus particulièrement insisté sur le côté expérimental et il a eu raison ; mais quelle que soit l'interprétation qu'on donne aux états divers sous lesquels peut se présenter une même Algue, il n'en reste pas moins vrai que cette Algue est polymorphe. Tandis que les interprétations sont discutables, la constatation du polymorphisme, si elle est certaine, est un fait et doit comme tel être enregistrée.

Oltmans veut bien reconnaître que les Algues répondent parfois très fortement aux excitants morphogènes (äusserstreaktionsfähig), mais par des raisons de sentiment il préfère s'abstenir du terme de polymorphisme à cause d'un arrière-goût nauséabond *(sic !).* Mais si, dans les divers domaines des sciences, nous procédions ainsi, je ne sais quel terme pourrait être conservé. Les maladroits ont abusé de tous les termes. C'est donc une pure raison

de sentiment qui détermine Oltmans à rejeter cette expression claire et qui malgré le discrédit qu'on s'est efforcé de jeter sur ce terme, est encore employée par une foule de biologistes qui ne se sentent pas solidaires des erreurs commises par d'autres[1].

Parlant des travaux de Tulasne sur le Pléomorphisme, O. Richter[2] s'exprime ainsi : « Der Ausdruck Polymorphismus, der heute noch als richtig gelten kann, wenn man ihn in derselben Weise anwendet wie Tulasne.... Als Beispiel des heute noch üblichen richtigen Gebrauch des Wortes Pleomorphismus siehe man O. Müllers[3] Arbeit ».

Comme l'on voit ce n'est qu'une question de mots. Les excès des anciens Algologues ont discrédité l'expression, et tout en décrivant le polymorphisme de certaines Algues, les auteurs cités répudient le terme auquel ils attachent un sens qu'il n'a pas.

Le polymorphisme de certaines Algues étant admis mais inégalement par tous les auteurs compétents (Hansgirg, Borzi, Klebs, Chodat, Oltmans, etc.), la question qui se pose ainsi que nous l'avons déjà dit est la suivante : Toutes les Algues sont-elles polymorphes ? Cette propriété n'appartiendrait-elle qu'à quelques Algues particulièrement plastiques ? Quelles sont les méthodes pour résoudre ces différentes questions ?

Je laisse de côté les anciens auteurs qui vivaient à une époque à laquelle on ne peut leur faire un grief sérieux de leurs errements. Ils ont été peu critiques, mais au

[1] F. Tobler, *Ueber Polymorphismus von Meeresalgen,* Sitzb. der preuss. Akad. d. Wiss., 1903, p. 372.

[2] *Die Bedeutung der Reinkultur,* 1907, p. 74 et 82.

[3] *Pleomorphismus, Auxosporen und Dauersporen bei Melosira-Arten,* Jahrb. f. w. Bot., 1906, p. 49.

milieu de leurs erreurs, on découvre plus d'une vérité. Ainsi Agardh a reconnu déjà en 1820 le lien qui réunit les Nostocs et les Collema ; il a montré que Tetraspora et d'autres Algues se multiplient par des zoospores ressemblant à des infusoires, que les Codium sont des Vaucheria compliqués, les Rivularia des Oscillatoria en faisceaux etc.

Alors même que dans ces affirmations il n'y a pas toute la vérité, il faut savoir reconnaître la part de réalité qu'elles renferment. Quel est le savant qui n'a jamais fait d'erreur ?

Dans une étude comme celle-ci il ne faut pas avoir pour objet de décerner des prix de vertu ou de fêter à coup de trompette des victoires plus ou moins réelles sur des adversaires vrais ou imaginaires. Il s'agit de rester objectif ; faire la critique sans arrière-pensée d'amoindrir ou d'exalter dans l'estime des botanistes les auteurs dont on parle.

Il s'agit de mettre de la clarté là où peut-être il y a encore de l'obscurité, faire disparaître des malentendus s'il en est et ajouter de nouveaux faits à ceux déjà connus et éprouvés.

Hansgirg est, de tous les botanistes modernes, celui qui a le plus chaudement plaidé la cause du polymorphisme. Il convient donc de connaître tout d'abord les principales de ses opinions [1].

« *1. These.* Die meisten Schizophyceen (Cyanophyceen), wenn nicht alle, sind polymorphe Algen, welche auf verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung in der freien Natur in verschiedenen einzelligen und mehrzelligen Vegetationsformen, die sich unter Umständen selbst

[1] Voir Bot. Centralblatt, XXII, 1885, p. 278-280.

durch viele Generationen hindurch rein erhalten können, auftreten und deren genetischen Zusammenhang man durch entwicklungsgeschichtliche Beobachtungen nachweisen kann.

« 2. *These*. Die meisten (wenn nicht alle) bisher in die Familie der Chroococcaceen Rbh. gezählten Algenformen aus den Gattungen *Chroococcus* Näg., *Glœocapsa* (Ktz.) Näg., *Aphanocapsa* Näg., *Chroodactylon* Hsg., *Glaucocystis* Ktz., *Clathrocystis* Henf., *Polycystis* Ktz., *Cœlosphærium* Näg., *Gomphosphæria* Ktz., *Merismopedium* Meyen, *Chroothece* Hsg., *Rhodococcus* Hsg., u. a. sind im genetischen Zusammenhange mit anderen höher entwickelten Algenformen, d. h. es entstehen die meisten (wenn nicht alle) der sogenannten einzelligen blaugrünen Algenformen durch rückschreitende Metamorphose verschiedener fadenförmiger Schizophyceen, welche, indem deren Fäden in einzelne Zellen zerfallen, in das einzellige Entwicklungsstadium übergehen.

« 3. *These*. In den zu der Familie der Oscillariaceen Rbh. gezählten Algengattungen *Leptothrix* Ktz., *Hypheothrix* Ktz., *Spirulina* Link, *Oscillaria* Bosc., *Phormidium* Ktz., *Chthonoblastus* Ktz., *Lyngbya* Ag., *Hydrocoleum* Ktz., *Symploca* Ktz., *Schizothrix* Ktz., u. a. sind zahlreiche Algenformen enthalten, von welchen die meisten (wenn nicht alle) nicht nur untereinander (als jüngere [dünnere] und ältere [dickere] Formen) und mit verschiedenen Nostochaceen Rbh. und Chroococcaceen Rbh. (als gewissen Formen der rückschreitenden Metamorphose), sondern auch mit anderen aus den Familien der *Rivulariaceen* Rbh. (Calotricheæ Thr.), *Scytonemaceen* Rbh. und *Sirosiphoniaceen* Rbh., als höher entwickelten (älteren) Formen genetisch zusammenhängen.

« *4. These.* Die zu der Familie Nostochaceæ Rbh. gezählten Algengattungen *Nostoc* Vauch., *Anabæna* Bory, *Cylindrospermum* Ktz., *Sphærozyga* Ag. u. a. ä. umfassen viele heterogene Algenformen, welche wie die Chroococcaceen-Formen als den Verhältnissen entsprechende, gewissen Zooglœenzuständen der Spaltpilze analoge Entwicklungsstadien verschiedener Algenarten aus der Gruppe der Oscillariaceen Rbh., Rivulariaceen Rbh. und Scytonemaceen Rbh. anzusehen sind.

« *5. These.* In den der Familie der Rivulariaceen Rbh. (Calotricheæ Thr.) zugeteilten Algengattungen *Calothrix* Ag. em. Thr., *Mastichothrix* Ktz., *Mastigonema* Schwabe, *Schizosiphon* Ktz., sowie in den zu der Familie der Scytonemaceen Rbh. gezählten Genera *Diplocolon* Näg., *Scytonema* Ag., *Arthrosiphon* Ktz., *Tolypothrix* Ktz., *Plectonema* Thr., *Glaucothrix* Krch. u. a. sind die höher und höchst entwickelten Stadien verschiedener Algenformen, welche bisher grösstenteils in den Gattungen der Oscillariaceen Rbh. beschrieben worden sind enthalten.

« *6. These.* Wie aus verschiedenen Oscillariaceen Rbh. die höher entwickelten Rivulariaceen Rbh. (Calotrichaceen Thr.) und Scytonemaceen Rbh. sich entwickeln können, so entstehen auch aus den *Glaucothrix* Krch., *Tolypothrix* Ktz., *Scytonema* Ag., u. a. Arten die entsprechenden, zu den Sirosiphoniaceen Rbh. gereihten in den Gattungen *Hapalosiphon* Näg., *Mastigocladus* Cohn, *Sirosiphon* Ktz., *Stigonema* Ag., *Fischera* Schwabe, *Phragmonema* Zopf angeführten Algenarten.

« *7. These.* Wie die meisten Schizophyceen, so sind auch einige Chlorophyceen polymorphe Algen. Die meisten fadenartigen, chlorophyllgrünen Algenformen, welche in den Gattungen *Glœotila* Ktz., *Microspora* Thr.,

Conferva Link, *Psichohormium* Ktz., *Rhizoclonium* Ktz., *Hormiscia* Aresch., *Ulothrix* Ktz., *Hormidium* Ktz., *Schizomeris* Leibl., *Schizogonium* Ktz. enthalten sind, stehen im genetischen Zusammenhange mit anderen höher entwickelten, chlorophylhaltigen Algenformen aus den Familien der Chætophoraceen Rbh. Siphonocladiaceen Schmitz und Ulvaceen Rbh. Durch Aufquellen und Auseinanderweichen der Zellwände, sowie durch fortschreitende Theilungen entstehen aus den oben angeführten u. a. höher organisierten chlorophyllgrünen Algenformen aus den Familien der Chætophoraceen Rbh., Chroolepidaceen Roh., Ulotrichaceen Rbh,, Confervaceen Rbh., Ulvaceen Rbh., Hydrogastreen Rbh., verschiedene im weiteren Sinne des Wortes « einzellige Algen » genannte, zu den Protococcoideen Cohn et Kirch. (Palmellaceen Rbh. und Protococcaceen Rbh.) gezählte, zum Teile gewissen Zooglœazustände der Schizophyten entsprechende, chlorophyllhaltige Algenformen, die in den Gattungen *Protococcus* Ag., *Palmella* Lyngb., *Pleurococcus* Menegh., *Chlorococcus* Fries, *Glœocystis* Näg., *Inoderma* Ktz., *Stichococcus* Näg., *Dactylothece* Lagerh., *Palmoglœa* Ktz., *Schizochlamys* A. Br., *Oocystis* Näg.. *Nephrocytium* Näg., *Palmodactylon* Näg.. *Dictyosphaerium* Näg., *Geminella* (Turp) Lagerh., *Hormospora* Bréb., *Apiocystis* Näg., *Acanthococcus* Lagerh., *Polyedrium* Näg., *Characium* A. Br., *Hydrianum* Rbh. u. a. ä. zusammengestellt sind[1].

Die meisten Spaltalgenformen teilen mit vielen chlorophyllgrünen Fadenalgen, einigen Phæophyceen, Rhodophyceen und den meisten Spaltpilzen die Eigenschaft,

[1] A. Hansgirg, *Ueber den Polymorphismus der Algen,* Bot. Centralblatt, Bd. XXII, N° 9, p. 278-280, 1885.

unter gewissen Umständen in verschiedene gallertige Entwicklungszustände übergehen zu können. So sind viele fadenförmige Algenformen fähig, unter gewissen, ihrer weiteren Entwicklung mehr oder minder ungünstigen Verhältnissen, teils durch Vergallertung der die Fäden umgebenden Scheide und durch rosenkranzförmige Abgrenzung der Zellen, teils dadurch, dass Fadenstücke (Hormogonien), nachdem sie ihre Scheide verlassen haben, sich mit Gallerthüllen umgeben und durch fortgesetzte Zweiteilung der Zellen weiter wachsen, wobei sich ihre ursprüngliche gerade Form bald in eine gekrümmte umwandelt in nostocartige Entwicklungszustände überzugehen. Solche unter der Bezeichnung « Nostoc » bekannten Schizophyceenformen wurden an eine *Tolypothrix*-Art, von Zopf, an *Scytonema mirabile* von Wolle, von Itzigsohn und von mir an den meisten Nostochineen (Hormogoneen Thr.) beobachtet. Unter gewissen Umständen gehen die Nostocaceenfäden in einzellige Entwicklungszustände über, d. h. es bilden sich aus den Nostoc-artigen sogenannte Chroococcaceen- (Chroococcus- und Gloeocapsa- etc. artige) Zustände. Aber auch alle anderen fadenförmigen Formen der Spaltalgen (Nematogeneæ Rbh.) können unter gewissen Umständen (durch plötzliche Austrocknung, Einwirkung von Sonnenstrahlen, grössere Kälte- oder Wärmeschwankungen u. a.), indem sie zuerst in einzelne grössere Bruchstücke, später in einzellige Stücke zerfallen, die sich unter gewissen Vegetationsbedingungen entweder nackt oder in Gallerthüllen in einer, 2 oder selbst nach 3 Richtungen des Raumes zu teilen fortfahren, in mannigfaltige bisher unter den Chroococcaceen Rbh. beschriebene sogenannte einzellige Entwicklungszustände übergehen *(Chroococ-*

cus, Glœocapsa, Aphanocapsa, Porphyridium, Chroothece, Synechococcus, Glœothece, Aphanothece, Merismopœdia u. a.). Dasselbe gilt auch von einigen fadenförmigen chlorophyllgrünen Algenformen, welche durch rückschreitende Metamorphose ebenfalls in einzellige Entwicklungsformen sich umwandeln (*Pleurococcus, Glœocystis, Palmella, Dactylothece, Stichococcus, Inoderma, Palmodactylon, Glœocystis* u. a.). Diese *Palmella-Protococcus-, Glœtila-, Hormospora-,* etc. Zustände vieler fadenförmigen Chlorophyceen insbesondere Ulotrichaceen Rbh. und Chætophoraceen Rbh. können da sie wie schon früher angedeutet wurde, den meisten Zooglœaformen fadenförmigen, chlorophyllhaltigen und chlorophyllfreien Spaltpflanzen (Schizophyten) analoge Bildungen sind nach Zopf im Interesse terminologischer Vereinfachung) kurzweg auch Zooglœen benannt werden. Wie alle fadenförmigen Schizophyten aus ein- oder mehrzelligen Keimfäden sich entwickeln und unter günstigen Umständen die verschiedenen Phasen ihrer fortschreitenden Entwicklung durchlaufen, so entstehen auch alle höher entwickelten chlorophyllgrünen Algen aus einzelnen verschiedenartig ausgebildeten Fortpflanzungszellen, die nach ihrer Auskeimung zu fadenförmigen Zellreihen (später auch Zellflächen etc.) in mannigfacher Weise, je nach dem Bau des Thallus ihrer Eltern sich weiter entwickeln. Unter günstigen Umständen entwickeln sich die unverzweigten fadenartigen chlorophyllgrünen Algenformen (*Ulothrix, Conferva* etc.), durch seitliches Auswachsen einzelner Zellen zu Ästchen, zu mehr oder minder verzweigten Formen (*Stigeoclonium, Draparnaldia* etc.). Die zuerst aus einer Reihe Zellen zusammengesetzten einfache Fäden einiger Ulothrix-Arten

können in späteren Entwicklungszuständen durch parallel zur Fadenachse verlaufende Zellteilungen resp. durch fortgesetzte Zellteilungen in beiden Richtungen der ebenen Fläche oder auch in allen drei Richtungen des Raumes sich teils zu Zellfäden, welche aus mehreren Zellreihen zusammengesetzt sind, teils zu einschichtigen Zellflächen ausbilden (*Schizomeris, Diplonema, Tetranema, Prasiola* etc.). Nicht selten entstehen aber mehr oder minder breite Zellbänder oder Zellscheiben auch durch seitliches Verwachsen mehrerer unverzweigten oder verzweigten Fäden (*Schizogonium*, *Coleochæte*). Doch können unter besonderen Umständen die fadenförmigen Chlorophyceen (Ulotrichaceen, Confervaceen etc.) öfter so lange sie leben in ihrer ursprünglichen unverzweigten Form den Schizophyten ähnlich verharren und ohne ihre höchste Entwicklungsstufe erreicht zu haben, durch mehrere Generationen hindurch auf derselben Entwicklungsstufe sich erhalten. Was nun das Verhältnis der fadenförmigen und einfach verzweigten Schizophyten- und der oben angeführten Chlorophyceenformen (Ulotrichaceen, Chætophoraceen, u. a.) zu den unverzweigten fadenförmigen (z. B. *Bangia*) und einfach verzweigten (z. B. *Chantransia*) Rhodophyceen betrifft, so sind auch an diesen, bezüglich ihrer vegetativen Entwicklung in neuerer Zeit einige Analogien mit jenen beobachtet worden. Doch sind die Formveränderungen der bloss im Wasser vegetierenden Rhodophyceen, so viel uns bekannt ist, weniger mannigfaltig als diejenigen der teils im Wasser, teils in der Luft lebenden Schizo- und Chlorophyceen [1] ».

[1] A. Hansgirg, *Ueber den Polymorphismus der Algen,* Bot. Centralblatt, B. XXII, N° 9, p. 283-285, 1885.

Tandis qu'il est difficile de discuter d'une manière générale sur la question du polymorphisme des Algues, il devient plus facile d'examiner le bien-fondé des affirmations de Hansgirg et des autres auteurs. Ce n'est qu'après avoir critiqué ces thèses qu'il nous sera possible de donner notre opinion sur le bien-fondé de cette affirmation que les Algues sont ou ne sont pas polymorphes. Nous trouvons inutile de discuter maintenant et même de résumer les idées des autres botanistes qui ont écrit sur le polymorphisme.

Il s'agit avant tout de savoir comment l'on peut scientifiquement vérifier cette théorie.

Qu'entendons-nous par scientifique ? Ce sera une démonstration qui puisse être de nature à être répétée toujours avec le même succès ; elle sera donc basée exclusivement sur des faits assez explicitement exposés pour qu'on puisse les discuter ou, à défaut de preuves expérimentales, que ces faits soient assez clairement indiqués pour que, si l'on s'en sente le goût et le loisir, on puisse en donner la réfutation ou la justification.

Mais remarquons que dans d'autres circonstances que celles imposées par ce concours, nous pourrions exiger tout d'abord que celui qui avance des choses surprenantes soit lui-même tenu à en fournir la preuve. Une chose invraisemblable n'est généralement acceptée que lorsque la personne qui l'avance accumule preuve sur preuve et réussit par la scrupuleuse exactitude des dates avancées et la logique des raisonnements déduits de faits observés, à écarter l'aversion naturelle qu'on ressent généralement devant l'affirmation de théories ou de faits qui rompent avec ce qu'on sait d'ordinaire.

« Es ist natürlich dass das was gegen die herrschenden

Meinungen vorgebracht wird anfangs bestritten werde. ....Niemand darf es also zu Herzen nehmen, wenn seine Meinungen bestritten werden. Es kommt, falls sie richtig sind, eine Zeit, da sie siegen[1] ».

Mais il ne suffit pas d'avancer des idées justes, il faut pour qu'elles s'imposent à l'attention que l'auteur s'efforce de les rendre acceptables en les étayant sur des preuves que l'adversaire puisse discuter de bonne foi. Si quelques idées heureuses se trouvent noyées au milieu d'un tissu d'erreurs, les contemporains et la postérité même hésiteront à reconnaître comme l'auteur de ces quelques idées justes celui qui n'aura pas su les faire valoir par une documentation suffisante.

On pourra tout au plus reconnaître à cet auteur une place parmi les précurseurs des idées qu'il a défendues.

Dans son travail, Hansgirg[2] émet un certain nombre d'affirmations ; pour en justifier la valeur il fait tout d'abord appel à l'autorité des botanistes cités : Agardh, Kützing, Itzigsohn, Klebs, Sirodot, Wille, etc.

Tout en rejetant sur ces botanistes une partie de l'honneur d'avoir reconnu que beaucoup des formes des Algues unicellulaires sont des états de développement d'Algues supérieures il leur reproche :

« Hat es doch so viel ich weiss Niemand von ihnen unternommen durch entwicklungsgeschichtliche Studien die in einen Entwicklungskreis zusammengehörenden Algenformen aufzusuchen, um die Frage über den richtigen Wert dieser allem Anscheine nach bloss künstlichen Gattungen und Arten endgiltig zu lösen[3]. »

[1] C. Agardh, *Nov. Act.*, p. 735, 1829.
[2] *Ueber den Polymorphismus der Algen*, Bot. Centralblatt, *l. c.*
[3] Bot. Centralblatt, *l. c.*, p. 277.

Ainsi H. reconnaît la nécessité d'études d'évolution ontogéniques pour déterminer lesquels des stades incriminés sont en un lien génétique.

Après avoir insisté sur sa grande expérience, acquise au cours de nombreuses herborisations et par la préparation de son Prodrome des Algues de Bohême, il revient sur la preuve tirée de l'étude du développement :

« Durch fortgesetzte entwicklungsgeschichtliche Studien teils an frischem Material aus der freien Natur, teils durch nachträgliche Kulturen verschiedener Algen[1]. »

Malheureusement le lecteur peut rester sceptique sans manquer de respect à l'auteur bien connu d'excellents travaux d'algologie systématique. L'affirmation de Hansgirg ne lui suffit pas. Pour être convaincu, il voudrait voir l'exposé de ses recherches sur le développement. Il aimerait voir représentés par des figures les stades successifs de développement ; il faudrait au lecteur la démonstration « ad oculos » du lien génétique supposé. Par exemple, quand Hansgirg affirme que les Chroococcacées sont toutes ou presque toutes des états unicellulaires d'Algues filamenteuses il ne fournit pas la preuve qu'il a observé directement cette origine, qu'il a suivi pas à pas la désarticulation des Oscillatoriées en *Glœocapsa, Aphanocapsa, Cœlosphærium,* etc. etc. Cette affirmation est une vue de l'esprit ! Aussi est-il difficile de comprendre qu'il ne saisisse pas que les critiques de Klebs de son travail sur le polymorphisme des Algues sont fondées au moins en ce qui concerne la méthode de démonstration. Il reproche à ce dernier auteur « Abenteuerliche Ideen die mir Klebs vorgeworfen hat finden sich auch in seinen

[1] Bot. Centralblatt, *l. c.*, p. 278.

Abhandlungen und in den Publikationen anderer best bekannter Algologen in Menge vor. »

Sans doute le travail de Klebs sur les Desmidiées de la Prusse orientale est le comble du polymorphisme, mais on ne saurait faire le reproche à l'auteur de n'avoir pas fourni toutes les preuves qu'il a cru reconnaître de ce polymorphisme. Le grand avantage d'un semblable travail c'est qu'il fournit tous les éléments pour une critique scientifique et que même si les conclusions n'étaient pas acceptées, les faits bien observés restent d'excellents documents.

Cet auteur, Hansgirg, qui reconnaît la nécessité de poursuivre l'évolution d'une Algue dans la nature par l'observation directe et continue, réclame pour lui comme pour les autres savants le droit de choisir les méthodes qui peuvent le plus sûrement conduire au but. Il oppose à l'objection de Klebs qui déjà alors réclamait l'utilisation de cultures pures, que cette méthode est incertaine et inadéquate et que d'ailleurs lui-même, dans ses recherches sur le polymorphisme des Desmidiées prussiennes n'a employé ni les méthodes de cultures qu'il préconise ni celles de Hansgirg ou de Zopf.

Nous verrons d'ailleurs plus loin que Klebs et Hansgirg sont d'accord pour trouver parfois la méthode des cultures pures (dépourvues de Bactéries) : « sehr unpraktisch und verdoppelt die Schwierigkeiten ». (Beding. 182.)

Hansgirg a donné la préférence à l'observation directe dans la nature. Au fait les plus belles découvertes de l'algologie ont été faites directement dans la nature, lorsque les circonstances s'y prêtant, un auteur a pu suivre pas à pas l'évolution d'un être. Je rappelle les beaux tra-

vaux de Pringsheim, d'Al. Braun, de Borzi, de Knut-Bohlin, etc.

Nous sommes tout à fait d'accord avec Hansgirg quand il insiste sur l'importance d'examiner dans la nature. C'est là que le plus souvent vont se présenter tout d'abord les objets qu'on désire étudier ; à chaque herborisation, pour peu qu'on ait l'esprit critique, on fera de nouvelles observations sérieuses. En ne retenant que ce qui n'est pas douteux, l'observateur enrichit la science d'une foule de documents qui, pour n'être pas complets, sont cependant des matériaux utiles à consulter et souvent le point de départ de recherches plus méthodiques et plus approfondies.

Aujourd'hui que l'utilité des cultures pures ne fait plus de doutes, on oublie peut-être trop que les conclusions qu'on peut en tirer, pour certaines qu'elles soient, restent cependant souvent incomplètes si l'on n'a pas su ou pu faire naître les circonstances telles qu'elles sont associées dans la nature. Pour faire comprendre notre idée, nous dirons cet exemple que très rarement les éléphants s'apparient en captivité ; on ne saurait donc choisir cette condition de préférence pour étudier leurs mœurs sexuelles. Les bactéries des Légumineuses ne forment généralement pas d'état d'involution bactéroïde dans les milieux de cultures artificielles. Celui qui prétendrait que parce que dans un milieu agarisé et sucré le *Bacillus leguminosarum* ne produit pas de bactéroïdes, ceux-ci n'existent pas, ferait fausse route. Mais de là à incriminer toutes les cultures pures et prétendre qu'elles ne peuvent donner l'image de la nature il y a loin. Nous verrons plus loin que par les cultures pures seulement on peut résoudre plus d'une des questions soulevées par Hansgirg, ce qui

fait que nous n'entendons pas, en recommandant l'étude dans la nature, déprécier la méthode des cultures pures ; l'un est le complément de l'autre.

C'est dire que dans cet exposé nous attribuerons dans la mesure du possible une importance équilibrée aux observations faites au moyen de cultures pures et à celles faites directement dans la nature lorsque l'observateur y aura pu suivre pas à pas l'évolution ontogénique d'une algue.

Hansgirg termine sa réplique par l'énoncé suivant : « Schliesslich bemerke ich hier noch dass eine sachliche Widerlegung der bisherigen Angriffe gegen die Lehre vom Polymorphismus der Algen erst dann am Platze sein wird, bis diese Angriffe von solchen Algologen ausgehen werden, welche jahrelang mit dem Studium der polymorphen Entwickelung der Algen in der freien Natur, wie Kützing u. a. sich befasst und die zur richtigen Erkenntnis der natürlichen Verwandtschaft und der einzelnen Entwicklungskreise der polymorphen Algen nicht blos durch das Studium einzelner Entwicklungszustände, sondern durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen aller Algenformen, welche durch ununterbrochene Uebergangsreihen im genetischen Zusammenhange stehen, zu gelangen gesucht haben[1] ».

Ainsi Hansgirg n'admet de réfutation valable que celles qui seraient faites par des algologues qui auraient étudié pendant bien des années, dans la nature, les algues polymorphes, par exemple : Kützing, et qui se seraient fait une opinion fondée non seulement sur quelques stades évolutifs mais sur l'ensemble des formes qui sont liées par un nexus génétique.

[1] *Phycophytologische Studien,* IV. Nachträge zu meiner Abhandlung : *Ueber den Polymorphismus der Algen,* l. c., p. 216.

Nous avons nous-même, sans doute autant que personne, étudié les Algues dans la nature, mais nous ne saurions souscrire à la prétention de Hansgirg. L'étude dans la nature si elle n'est pas continuellement contrôlée par des expériences peut devenir une source d'erreurs en facilitant, par le grand nombre des formes dont les états de développement ressemblent à des états de développement d'autres Algues, la création de séries idéales qui n'ont rien à voir avec des séries de stades évolutifs successifs directement observés et dont le lien génétique est réel, c'est-à-dire qu'on ait vu l'un sortir de l'autre. Trop souvent l'on est tenté d'établir de ces séries morphologiques que l'on finit par confondre avec des séries évolutives vraies. La même erreur que commettent les systématiciens phanérogamistes, en disposant en séries les formes d'un genre à espèces nombreuses croyant avoir ainsi établi un arbre généalogique de ce genre, cette même erreur est commise par les paléontologistes qui s'imaginant que les séries idéales d'ammonites sont une preuve de leurs liens génétiques et prenant l'une des formes comme fondamentale, font dériver toutes les autres de celle qu'ils ont choisie arbitrairement comme espèce centrale. Mais chacun en prend ce qu'il veut et tout le monde sait qu'en faisant ainsi, l'auteur paléontologue défend une théorie et qu'il n'a pas la prétention de donner à cette théorie une plus grande valeur que celle d'une hypothèse de travail et de discussion. Il y a moins d'excuse pour l'algologue qui, comme Klebs dans son premier travail, si bien fait qu'il soit, dispose en séries les nombreuses formes rencontrées ; ce sont encore des séries idéales, mais la démonstration du lien génétique manque. Hansgirg ne doit pas croire que parce que

Klebs a commis au début la même erreur de méthode que celle qu'il défend, son argumentation en soit par cela fortifiée.

La possibilité d'établir des séries dans la nature ne peut et ne doit que servir de point de départ à une vérification expérimentale. Par ce terme, j'entends parler tout autant des expériences qui se font par la nature que de celles que nous exécutons dans nos laboratoires. Ainsi, examinant l'évolution d'une algue dans l'eau d'un marécage, si nous lui découvrons une particularité intéressante, par exemple : celle de se préparer à donner naissance à des cellules germes, on note la forme de la cellule mère, sa dimension, ses sculptures ; on pourra ensuite noter sur les cellules filles qu'*on a vu sortir de cette cellule,* si le chromatophore de ces cellules est le même, le pyrénoïde semblable, les sculptures identiques. S'il s'agit d'une Cénobiée par exemple : un *Pediastrum* dont on a noté le nombre des cellules et leur arrangement, la nature des cornes et leurs appendices, on pourra voir sortir les nouveaux cénobes dont on notera également le nombre des cellules, leur arrangement, etc. Et on verra alors qu'il y a une grande variété[1]. Le lien génétique de ces différentes formes est certain. La nature fait l'expérience pour nous, il suffit de la transcrire soigneusement. Ce serait présomptueux et folie que de croire que nous pouvons toujours réaliser les conditions de la nature ; pour le naturaliste elle reste le grand champ d'observation. C'est d'elle qu'il faut partir, mais elle ne nous permet pas toujours de poursuivre l'évolution complète d'un être. Si cette évolution est rapide, il se peut que nous assis-

[1] Chodat et Huber, *Recherches expérimentales sur le Pediastrum Boryanum,* Bull. Soc. bot. suisse, 1895, p. 1, tab. I.

tions en peu d'heures à toutes les phases de son existence, comme cela est le cas pour certaines Bactéries, des *Chlamydomonas* ou des *Pediastrum*. Mais lorsqu'il s'agit de plantes dont on a lieu de supposer une histoire évolutive compliquée, il faut alors isoler la plante en question pour assister à tout son développement individuel sans courir le risque de la confondre avec une autre. Le critique n'acceptera pas comme convaincante la réunion d'observations isolées, même si elles s'agencent logiquement, parce que les divers stades qu'on rapproche n'ont pas été observés comme s'étant engendrés historiquement les uns les autres. L'auteur qui ne s'en rend pas compte, peut faire une mosaïque charmante, mais elle n'est constituée que de pièces rapportées qui peut-être ne vont pas du tout ensemble. La méthode pour arriver à établir la vérité, c'est-à-dire la réalité d'une filiation est actuellement connue sommairement de tous les algologues. Klebs (*l. c.*, p. 177) l'a déjà indiquée, nous y revenons parce que nous pensons qu'il y a lieu de donner plus de détails sur les méthodes expérimentées et appliquées à la culture des algues.

1° L'observation directe : *a)* Nous avons déjà indiqué que parfois dans la nature on peut suivre en peu de temps tous les stades évolutifs, exemple : production de gamètes de l'*Aphanochæte repens*[1], zygotes et germination de zygotes, etc. — *b)* On peut déposer dans une chambre humide de Ranvier une goutte de liquide naturel ou artificiel et trier, au moyen d'un poil (de la moustache d'un chat) emmanché, l'algue même unicellulaire qu'on veut

[1] Huber, *Sur l'Aphanochæte repens, A. Br. et sa reproduction sexuée*, Bull. Soc. bot. de France, tome XLI, Session extraordinaire en Suisse, 1894.

transporter. Ce triage peut s'effectuer, si les cellules sont assez grosses, sous le microscope binoculaire au moyen du « Planktonsucher » (Zeiss). Si l'algue est plus petite, il faudra utiliser le microscope composé ordinaire et s'habituer au renversement des images ou utiliser un oculaire redresseur. L'algue qui adhère au poil est transportée dans la goutte du liquide qui va servir de milieu de culture ; on vérifie au microscope si elle est bien isolée et on marque exactement par un cercle sa position. On peut ainsi isoler des Protococcoïdées, des Algues filamenteuses. Par cette méthode on n'éloigne pas les Bactéries, mais on peut s'assurer qu'aucune autre cellule d'algue n'est présente. Il va sans dire que poil, chambre humide, couvre-objet, liquide de culture et pipette qui sert à la déposer sont stériles. Nous trouvons inutile d'indiquer ici les méthodes de stérilisation bien connues de tous ceux qui s'occupent de cultures pures. Dans ces conditions, on pourra suivre parfois l'évolution d'une cellule en un filament ou la désarticulation d'un filament en cellules isolées, cette méthode quoique imparfaite a déjà fourni plus d'un résultat important. Nous rappelons les classiques expériences de Maupas sur les Infusoires et celles de Klebs sur le *Protosiphon*. Elle est trop peu souvent utilisée.

On peut se servir aussi pour isoler, de tubes capillaires de verre élargis à l'une des extrémités et que l'on introduit sous le microscope en ayant soin de tenir fermée l'extrémité large par le doigt. L'organisme est alors aspiré dans le tube hors duquel il peut être de nouveau expulsé. L'algologue aura toujours à sa disposition une collection de ces pipettes capillaires. La pipette se prépare en étirant un tube de verre au bout élargi duquel on

introduit un tampon de ouate ; le bout du tube est soudé à la flamme. Cette pipette enveloppée de papier est stérilisée avec toutes les autres dans l'autoclave. On les conserve entourées de papier dans une boîte pour l'usage. Lorsqu'on veut s'en servir on brise l'extrémité du tube, préalablement flambé, au moyen d'une pince elle-même préalablement flambée.

Malheureusement la méthode indiquée plus haut qui est excellente pour isoler les germes d'Algues ne permet pas de les séparer des Bactéries et des Champignons. Il peut donc arriver qu'en transportant l'organisme vert on emporte en même temps une spore de Champignon ou des Bactéries. Ce sont les Champignons qui sont le plus à redouter, car à la lumière les Bactéries sont moins nocives.

2° Par la préparation de cultures pures : Divers auteurs ont préconisé l'utilisation des cultures pures ; certains, comme Klebs, en ont parlé longuement (Beding., p. 168) sans les réaliser dans leurs propres travaux ; Beijerinck paraît être le premier qui ait utilisé la gélatine pour cet usage.

1890. Beijerinck, M. W. I. *Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien u. a. niederen Algen.* Bot. Zeit., Bd. XLVIII, p. 729.

1893. Beijerinck. *Kulturen nied. Algen auf Nährgelatine.* Centralblatt f. Bakt., XIII.

1894. Krüger, W. *Beitrag z. Kenntnis der Organismen des Saftflusses der Laubbäume,* Zopf's Beitr., 1894, Bd. IV, p. 69.

1897. Chodat, R. et Goldflus, M. *Note sur la culture des Cyanophycées.*

1898. Artari, Al. *Zur Frage über Ernährung der Flechtengonidien.* Sitzber. K. Natw. G., Moskau, 27 oct.

1897. Tischutkin, N. *Ueber Agar-Agarkulturen einiger Algen v. Amöben.* Centralblatt f. Bakt., III.

1899. Artari, Al. *Ueber Entwickelung d. g. Algen unter Ausschluss der Bedingungen der CO_2 Ass.* Bull. Soc. Imp. Moscau, XIII.

899. Ward, M. *Some methods for use in the culture of Algae* (ce ne sont pas des cultures pures). Ann. of Bot., XIII.

1898. Beijerinck. *Notiz über Pleurococcus vulgaris.* Centralblatt f. Bakt., II. Abth., IV. (Cultures impures.)
1900. Chodat, R. et Grintzesco. *Cultures pures d'Algues protococcacées.* Arch. d. Sc. phys. et nat., Genève.
Id. *Sur les méthodes de cultures pures des Algues vertes.* Compte rendu du Congrès int. de Bot., Paris, 1900.
1900. Radais. *Sur la culture d'une Algue verte; formation de la chlorophylle à l'obscurité.* Comptes rendus, 130, p. 793.
1900. Matruchot et Molliard. *Variations de structure d'une Algue verte, Stichococcus bacillaris.* Comptes rendus, 131, p. 793.
1902. Grintzesco, J. *Recherches expérimentales, Scenedesmus acutus.* Bull. Herb. Boiss., Sér. II, Vol. II, p. 219.
1901. Artari, Al. *Zur Ernährungsphysiol. der g. Algen.* Ber. d. d. bot. G., XIX, p. 7.
1902. Id. *Ueber Bildung des Chlorophylls.* Ibid., p. 201.

D'après nos expériences déjà anciennes (1896) les procédés de triage de cultures pures qui réussissent le mieux sont les suivants :

I. S'il s'agit d'une Algue unicellulaire, on fera bien de partir d'un milieu aussi pur que possible. C'est-à-dire que l'on prendra de l'eau verte des étangs ou des flaques où fourmillent des organismes verts. Si l'on n'a pas à sa disposition un point de départ suffisamment riche en cellules vertes, on procédera de la manière suivante : on prépare un grand nombre de flacons Erlenmeyer contenant un tiers de liquide nutritif minéral (Knop, Naegeli, Detmer) et au préalable stérilisés, et on les inocule en prenant aseptiquement, au moyen des pipettes flambées dont il a été question plus haut, de l'eau dont on veut trier les organismes. De cette eau on laisse tomber une goutte dans plusieurs flacons, 2 gouttes à 3 gouttes, etc. Si l'examen au microscope montrait que dans une goutte il y a plus d'un ou de plusieurs germes, on établirait par le calcul quelle est la dilution à laquelle il faut atteindre pour qu'une goutte prise ne contienne probablement qu'un germe vert. Il arrive parfois que par cette méthode on ne réusisse pas

à faire vivre les germes, il faut alors diluer progressivement le liquide naturel avec une solution nutritive de Knop au tiers ou au dixième. On expose ces flacons devant une fenêtre ; bientôt les Algues se multiplient et on peut, à partir de ces cultures provisoires, faire de nouveaux triages selon le même principe ; on examine alors au microscope quels sont ceux des organismes qui se sont développés dans les divers flacons en se servant toujours pour ces recherches de pipettes stérilisées. Malheureusement, ce sont presque toujours les mêmes organismes qui arrivent à prendre le dessus : *Chlorella, Scenedesmus, Oocystis, Stichococus,* etc.

On peut aussi chercher dans la nature des stations où certaines espèces se sont accumulées à l'état presque pur : creux de rochers dans la montagne où l'eau est toute rouge de cellules de *l'Hæmatoccus lacustris,* murs humides où abondent les *Schizogonium,* écorces vertes couvertes de *Pleurococcus,* pierres inondées couvertes d'une efflorescence verte, lichens que l'on peut broyer.

Ceci étant, on procède au triage comme suit : On prend 10 tubes stérilisés. Dans le tube 1 on introduit 10 cm^3 d'eau et une goutte du milieu naturel ou artificiel qui contient les Algues. On agite pour séparer éventuellement les agglomérations, puis avec une pipette stérile on introduit de ce mélange 5 cm^3 dans le 2me tube en y ajoutant en même temps 5 cm^3 d'eau pour le diluer. On opère de la même façon du tube 2 au tube 3, etc. On obtient ainsi 10 degrés de dilution et l'on peut procéder aux ensemencements. On établit ensuite un grand nombre de flacons Erlenmeyer qui contiennent le milieu nutritif agarisé au point de se solidifier. Dans chaque flacon de la première série de ces Erlenmeyer, on introduit une

goutte du tube 1, dans chaque flacon de la 2me série une goutte du tube 2 et ainsi de suite. Il va sans dire que pour ce transport on utilise de nouveau les pipettes stérilisées dont il a été question plus haut. Il faut avoir bien soin de vérifier si la température de l'Agar n'est pas trop élevée. Si, au début, il y avait, ce qu'on peut vérifier au microscope, 200 germes verts dans une goutte de la dilution 1, la dilution 2 n'en contiendra plus que 50, 12 dans le 3me, 3 dans le 4me, 1 dans le 5me, 0 dans le 7me ou 8me. Dans tous les cas, le développement des Bactéries et des Champignons étant beaucoup plus rapide que celui des Algues, une partie importante de ces essais sera plus tard à rejeter. Mais on fera bien de ne se priver même des cultures impures que le plus tard possible parce qu'il se peut que dans ces milieux impurs l'Algue se développe mieux tout d'abord que dans les flacons à dilution plus forte. On pourra donc, lorsque les Algues se seront multipliées et habituées à ces milieux agarisés, partir de ces Algues mélangées de Bactéries pour opérer de nouveaux triages. L'emploi de vases Erlenmeyer, de préférence à des boîtes de Pétri, est à recommander. Il faut en effet attendre souvent plusieurs semaines, parfois plusieurs mois (3 à 6) avant d'apercevoir les petites colonies vertes au milieu de l'Agar. Il est donc tout indiqué d'employer des vases qui offrent une surface d'évaporation aussi faible que possible et qui, ainsi, perdent peu d'eau. Cela est nécessaire, car avec la diminution de l'eau s'arrête aussi la croissance rapide des algues. Si l'on procède selon la méthode indiquée, on verra au bout de quelques essais sa peine couronnée de succès. Ce qui est plus gênant, ce sont les Champignons ; en effet, ceux-ci poussant des filaments peuvent envahir toute la culture, tan-

dis que les Bactéries emprisonnées dans l'Agar restent localisées. Il faut éviter de tenir les flacons dans un lieu trop humide ou dans une serre insuffisamment aérée, car alors l'humidité du milieu de culture saturant l'atmosphère du flacon, les spores des Mucédinées (*Penicillium glaucum,* etc.), qui se trouvent dans les poussières inévitables de l'air et se déposent sur le coton, arrivent parfois à germer à travers ce dernier et pénètrent dans l'intérieur du flacon. Pour éviter cette infection, on fera bien de flamber le coton de temps à autre ou de le mouiller avec une solution alcoolique de sublimé corrosif. C'est la méthode décrite qui nous a donné les meilleurs résultats et qui nous a permis d'isoler nous-même, au cours de nos recherches, plus d'une trentaine d'espèces d'algues.

On peut cependant opérer aussi de la manière suivante : Dans de larges boîtes de Pétri, on dispose une plaque de porcelaine dégourdie, préalablement stérilisée. On stérilise le tout dans un fourneau à stériliser la verrerie (air chaud 150°). D'autre part, on a fait stériliser à l'autoclave un liquide nutritif ; lorsque les deux sont refroidis on introduit avec les précautions d'usage, au moyen d'une pipette stérilisée le liquide stérilisé dans la boîte de Pétri de façon à ce que ce dernier liquide baigne la base de la plaque de porcelaine dégourdie. Celle-ci, qui est poreuse, absorbe l'humidité, puis on verse ou on étale au moyen d'une pipette stérilisée une ou plusieurs gouttes des dilutions indiquées plus haut. Au bout d'un temps plus ou moins long apparaissent sur cette porcelaine poreuse des colonies d'Algues qu'on peut trier de nouveau par le même procédé. Cette méthode permet d'obtenir rapidement les espèces qui sont sensibles au changement brusque de milieu et qui nécessitent un accès de l'air suffisant.

Grâce à ces procédés, on peut, avec de la patience, arriver au bout de quelques années à se créer un jardin botanique en miniature qu'on pourra indéfiniment maintenir par des réinoculations. Il faut constamment essayer de nouveaux triages et attendre patiemment que dans l'un ou dans l'autre des flacons ou sur les plaques apparaissent les points verts. Lorsque l'on a découvert à la loupe la présence d'une colonie verte, on s'assure, à la loupe, que cette colonie est suffisamment éloignée de colonies de Bactéries et on la transporte au moyen d'un fil de platine flambé dans un nouveau milieu de la même composition ou additionné de glucose ou d'un autre sucre à 2 $^0/_0$, bientôt se forme un développement intense, l'Algue se multiplie. Elle est acclimatée, on peut alors retrier plusieurs fois de suite de façon à être sûr qu'à chaque triage l'algue qui se présente est bien la même. Toutes ces opérations prennent un temps assez long ; il ne faut pas être pressé !

Gerneck, dans son mémoire intitulé : *Zur Kenntnis niederer Chlorophyceen*[1], a indiqué diverses méthodes pour l'étude des Algues inférieures et qui consistent essentiellement dans l'application du procédé de la dilution ; il a utilisé également le procédé de Chodat et Goldflus[2] qui consiste à disséminer les germes sur des plaques poreuses stérilisées. Lorsqu'il se forme des colonies, on les transporte dans des flacons Erlenmeyer remplis d'une solution nutritive minérale. Mais ces méthodes ne sont que le prodrome d'une culture pure, mais

[1] Beihefte zum Botanischen C. B., Bd. XXI, p. 221-290, Tab. XI et XII.

[2] Chodat et Goldfus, *Notes sur la culture des Cyanophycées et sur le développement d'Oscillatoriées coccogènes,* Bull. Herb. Boiss., 1897, p. 954, Tab. XXIV.

ne la réalisent pas : « Anfangs waren bakterienfreie Algenreinkulturen vorgesehen. Da die Algen aber auf den Isolierungssubstraten nur durch längere Arbeit von Bakterien zu befreien sind, so beschränkten wir uns darauf, die Bakterien nach Möglichkeit auszuschliessen, zumal der Kulturverlauf ergab, dass Bakterien den Algenkulturen keinen erheblichen Schaden zufügten[1] ». C'est donc le principe de Klebs (voir plus loin) mais nous faisons tout de suite remarquer que des cultures de ce type sont suspectes et qu'au point de vue qui nous intéresse dans ce travail, elles ne signifient pas grand chose.

Maintenant, peut-on se demander, quelle est la valeur de cette méthode des cultures pures pour la résolution du problème qui est le sujet du concours ?

Hansgirg ne paraît pas attendre de résultats importants de semblables méthodes ; cet auteur appelle des cultures en chambre : « nicht zum Ziele führend und verfehlt.... weshalb ich auch bei meinen Untersuchungen über den Polymorphismus der Algen den direkten Untersuchungen der in der freien Natur sich normal entwickelnden Algen stets den Vorzug vor unsicheren und meist auch unzweckmässigen Reinkulturen gegeben habe ».

Parmi les opposants irréductibles du polymorphisme des Algues, il faut placer Klebs ; on doit reconnaître aussi qu'il a depuis longtemps fait appel à la méthode des cultures pures, mais ce n'était de sa part qu'un vœu pieux ; dans ses propres travaux Klebs n'a jamais réellement utilisé de cultures pures, en particulier dans son travail sur le *Protosiphon,* il s'est borné à isoler des cellules assez grosses pour ne pas être confondues avec d'autres

[1] Gerneck, *l. c.*, p. 223.

cellules. Klebs va même si loin qu'il semble condamner la méthode de Beijerinck : (*l. c.*, 1896, p. 185).

« Die von B. empfohlene Gelatine hat sich als weniger brauchbar erwiesen, weil sie sich viel leichter verändert und in ihr leichter Bakterien auftreten ». Il préconise l'emploi de la gélose (Agar) ; mais il est évident que l'auteur n'a pas le droit de parler de cultures pures, car il ressort de la description de ses méthodes que Klebs, au moment où il attaquait si vivement Borzi et Chodat, n'avait pas su réaliser lui-même des cultures pures : «Wenn ich bisher von Reinkulturen gesprochen habe, so soll damit nur gesagt sein, dass eine bestimmte Algenart durchaus frei von irgend welchen anderen Algen aufwächst ; dagegen ist das Vorhandensein von Bakterien nicht absolut ausgeschlossen ».

Chodat, au moment où il était attaqué par Klebs, utilisait déjà les mêmes méthodes de sélection que Klebs préconise ; il avait déjà, en 1896, exposé, à l'occasion de l'Exposition nationale suisse à Genève, pendant six mois des cultures obtenues par la méthode des dilutions. En 1897, il publiait avec Goldflus sa méthode de triage sur plaques de porcelaine poreuse, mais déjà à ce moment Krüger avait séparé des Algues par la méthode de Beijerinck.

Klebs ne peut donc passer pour avoir réellement effectué le progrès qui consiste dans l'obtention des cultures pures. Il a seulement, par ses critiques, hâté la réalisation de ce desideratum.

Il n'est absolument pas permis de parler de culture pure si on admet que des organismes étrangers peuvent se trouver parmi les objets à examiner. Tout d'abord le critique admettra difficilement que dans des conditions

pareilles on puisse avoir la certitude qu'il n'y a qu'une espèce d'Algue dans la culture. Je rappelle la grande ressemblance que présentent entre elles les cellules arrondies de beaucoup de Protococcacées (voir p. 104). En outre, le résultat physiologique est nécessairement tout autre si l'on n'a pas éloigné les Bactéries qui déterminent, par leur pouvoir enzymatique, des modifications du milieu de culture ou par leur parasitisme des malformations ou des actions inhibitoires. La couleur des cultures et leur apparence sur un milieu donné, qui sont des caractères si importants pour la différentiation spécifique des Protococcacées globuleuses seront tout autres, si la culture est pure ou si elle contient des Bactéries.

Il est vraiment plaisant de reconnaître que les deux auteurs qui ont le plus aigrement réclamé des autres l'utilisation des cultures pures ne les ont pas réalisées dans leurs propres recherches ou ont fait à ce sujet de grossières erreurs.

En 1897 Oltmans, le très distingué algologue de Fribourg en B. écrivait à propos des observations faites par Berthold et Sauvageau sur la Copulation de l'*Ectocarpus siliculosus*[1] :

« Dass bei allen Beobachtungen der Algencopulationen grosse Vorsicht geboten ist..... Klebs hat mit Recht betont, dass die Reinkultur (nous avons vu plus haut qu'il ne s'agit pas de cultures absolument pures) auch bei Algen unerlässlich ist. Er spricht naturgemäss von Kulturen, die eine Alge... eventuell neben geringen Mengen (quelle singulière culture pure) Bakterien etc. Mengen enthält. Ich möchte für gewisse Fälle auf Grund meiner Beobach-

[1] *Flora*, vol. 83, 1197, p. 398 à 414.

tungen weiter gehen und auch für die Entfernung jeglicher Bacterien und Flagellatengesindels aus den Kulturen fordern. Zwar weiss ich nicht eine Methode dafür anzugeben, weil den angesäten Algenkeimen solche Mikroorganismen anhaften dürften. Aber es mag doch darauf hingewiesen sein, dass frisches Material, direct der See entnommen, meistens nur wenige Flagellaten enthält, dass diese erst auftauchen, wenn man die Algen ohne konstanten Wasserzufluss in kleinen Gefässen hält. An frischem Material wird man bei genügender Aufmerksamkeit wohl von gröberen Irrtümern bewahrt bleiben, wenn nicht ganz ungünstige Verhältnisse obwalten. »

C'est un aveu d'impuissance à réaliser une méthode inéquivoque et l'expression d'une confiance que les résultats sont venus cruellement démentir[1].

On voit par cette citation quel était l'état d'esprit en 1897 de ceux qui prétendaient régenter les botanistes par des exigences qu'ils n'étaient pas en état d'appliquer à leurs propres travaux. Sauvageau a montré[2] qu'Oltmans laissait complaisamment se multiplier les Protistes dans ses cultures. C'est ce que Sauvageau a comparé avec beaucoup d'esprit à une méthode qui consisterait à semer des choux dans une cage à lapins pour en suivre la croissance. La bonne intention ne suffit pas !

Il faut absolument se servir de cultures pures si l'on veut terminer le débat qui depuis longtemps est agité parmi les botanistes à propos du polymorphisme ; mais

[1] Sauvageau. La copulation isogamique de l'*Ectocarpus siliculosus* est-elle apparente ou réelle ? Mémoires de la Société nat. des Sc. nat. de Cherbourg, Tome XXX, pg. 294.

[2] L. c.

si on ne peut accorder à Klebs, pas plus qu'à son élève Senn d'avoir su, dans leurs travaux, réaliser des cultures pures il faut reconnaître que Klebs et Oltmans ont cependant contribué à la réalisation de ce vœu en provoquant des recherches d'autres auteurs dans ce domaine.

Mais diront les polymorphistes comme Hansgirg et peut-être Borzi : vous ne réussissez pas dans des cultures artificielles à réaliser toutes les conditions qui dans la nature ont une action morphogène et les résultats que vous obtiendrez seront incomplets et pourront ne rien signifier au point de vue de la question discutée. Nous avons déjà reconnu que cette objection peut avoir une certaine valeur et qu'en effet, par la méthode des cultures pures, nous ne parvenons peut-être pas toujours à réaliser les conditions qui sont nécessaires à la manifestation de certains des états des Algues incriminées. Ainsi dans nos cultures pures de Hyménomycètes sur pain ou sur autres milieux liquides ou solides nous pouvons bien obtenir un mycélium abondant, mais les péridiums ne sont obtenus que pour un petit nombre d'espèces *(Armillaria, Coprinus, Tricholoma nudum)*. Tandis que pour les *Lactarius,* les *Clytocybe,* les *Geaster,* nous n'avons pas encore pu trouver les méthodes qui amèneraient le mycélium de ces Champignons à produire des péridiums à basides. Il est évident que dans ce cas malgré les cultures pures, absolument pures, nous ne pourrions affirmer, en ne connaissant que cet état obtenu dans nos cultures, que l'évolution du Champignon se borne à donner naissance à un mycélium produisant plus ou moins des conidies, mais que ce mycélium est incapable de donner naissance à un péridium et que par conséquent péridium et mycélium appartiennent à des cycles d'évolution spé-

cifiquement différents. Ce serait absurde. Nous n'avons simplement pas su trouver encore les excitants morphogènes requis pour mener à bout l'évolution du mycélium. L'étude à partir des cultures pures ne donne donc pas nécessairement tous les résultats cherchés ; téméraires seraient les botanistes qui prétendraient que cette méthode est actuellement suffisante pour résoudre toutes les questions relatives à la morphologie possible des Algues inférieures. Mais malgré ces défauts la méthode des cultures pures est actuellement le plus puissant moyen, la seule méthode certaine que nous possédions de suivre pas à pas et sûrement l'histoire évolutive d'une Algue dans des conditions imposées par l'expérimentateur et qu'avec un peu d'ingéniosité il saura faire varier à volonté. Bien rares seront les cas où l'Algue une fois triée se refusera absolument de se comporter comme dans la nature lorsqu'on aura fait varier les conditions de culture :

A. En fonction de l'air ; culture en surface sur plâtre, porcelaine dégourdie, tourbe, écorce, craie, sphagnum, moelle de sureau, pommes de terre, carottes, gélatine, Agar, silice gélatineuse, etc.

B. En fonction d'une quantité moindre d'oxygène, dans la profondeur des liquides ou des milieux solides : anærobiose partielle.

C. En fonction de l'agitation du liquide : en faisant barboter de l'air stérilisé et dépourvu de germes dans le milieu liquide.

D. En fonction de la lumière directe ou diffuse, de l'obscurité, de la chaleur dans un thermostat, etc.

E. En fonction de la nourriture : milieux sucrés, peptonisés, azotés, à partir de diverses substances inorganiques et organiques, etc.

Vouloir exagérer l'importance de cette critique pour infirmer l'importance de la méthode des cultures pures serait un peu la même chose que de proposer de supprimer les écoles publiques parce que l'élève n'y trouve pas toujours l'occasion d'y pouvoir manifester, en pleine liberté, toutes ses aptitudes et ses qualités. Ce serait ce que les Allemands appellent : das Kind mit dem Bad ausschütten.

Néanmoins, et nous insistons beaucoup sur ce point, l'expérimentateur prudent n'aura jamais l'outrecuidance de penser qu'il a épuisé le sujet. Il pourra vis-à-vis d'observations faites sur le matériel dans la nature se montrer sceptique, mais il n'aura pas le droit de penser que ses expériences sur les Algues en culture pure le dispensent d'observer cette même évolution dans le milieu naturel où l'Algue a l'habitude de croître.

Enfin lorsqu'on discutera des questions relatives au polymorphisme des Algues, il faudra s'assurer au préalable que les objets dont il s'agit sont clairement définis et qu'il n'y a pas de malentendus au point de vue de la nomenclature.

Ayant dans les pages qui précèdent exposé notre point de vue sur les méthodes qui peuvent servir à la résolution du problème posé, en toute indépendance d'écoles et de tendances, nous allons dans l'étude qui va suivre examiner à propos d'observations faites dans la nature et à partir de cultures pures les idées pour ou contre le polymorphisme telles qu'elles ont été formulées par les algologues Hansgirg, Borzi, Klebs, Oltmans, Wille, Gay, Chodat, Flahault, Senn, De Wildeman, etc., etc. En d'autres termes, y a-t-il des algues polymorphes ? Leur

polymorphisme, s'il est constaté, est-il celui indiqué par les auteurs ? Y a-t-il au contraire des Algues remarquablement stables ? Enfin faut-il dire avec Hansgirg que d'une manière générale les Algues sont polymorphes, et avec Borzi et d'autres que les Algues unicellulaires ne sont que des états anamorphes d'Algues supérieures ?

CHAPITRE II

Systématique expérimentale.

PLEUROCOCCUS

Le genre *Pleurococcus* a été établi par Meneghini[1] *(monog. nost.)* M. Borzi, le très habile et consciencieux botaniste italien a examiné les matériaux authentiques qui ont servi à cet ancien algologue pour établir ce genre. Il a pu reconnaître que parmi les Pleurococcacées de Meneghini il en est *(Pl. ulvoides, Pl. Julianus, Pl. angulosus)* qui sont des Chroococcacées. Nous ne pouvons ici faire tout l'historique de la question des *Pleurococcus,* nom sous lequel depuis Meneghini jusqu'à Artari on a compris des Algues de genres très différents et à évolutions bien particulières. De cette foule de formes nous n'avons voulu retenir que quelques types mieux définis et qui, relativement à leur polymorphisme, ont été l'objet de discussions ; Borzi a reconnu que le *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini est une Algue à cellules tantôt arrondies,

[1] Meneghini, *Monog. Nostoch.*, p. 38.

tantôt disposées en paquets de 4 ou plusieurs cellules. Dans les échantillons authentiques de Meneghini le chromatophore est central, plus ou moins lacinié et étoilé ; il est muni d'un pyrénoïde en son centre. Grâce à cette constatation que nous n'avons pu vérifier personnellement mais que nous avons tout lieu de considérer comme exacte, vu la grande expérience de Borzi en matière d'algologie, nous pourrons mieux circonscrire le débat.

Pleurococcus vulgaris Nägeli, Gay, non Meneghini = Pl. Nägelii Chod.

Nägeli a, dans ses « Einzellige Algen[1] », décrit un *Pleurococcus* qu'il appelle *Pleurococcus vulgaris* et qui apparaît comme l'espèce décrite par Meneghini sous forme de paquets plus ou moins quadrangulaires. Mais il est bien évident que dans cette Algue le chromatophore est en plaque pariétale et qu'il est dépourvu de pyrénoïde. Il ne peut donc s'agir de la même plante que celle décrite par Meneghini.

Gay a repris l'étude de l'Algue de Nägeli et il a retrouvé le chromatophore en plaque pariétale, généralement concave et dépourvu de pyrénoïde. Selon lui[2] il arrive que certaines cellules subissent plusieurs cloisonnements dans le même sens ; cet accroissement anormal donne naissance à des thalles filamenteux courts, dont le développement est bientôt interrompu par des cloisonnements perpendiculaires (*l. c.*, fig. 137). Jamais il ne se forme de filaments comparables à ceux de Stichococcus.

[1] P. 64.

[2] *Recherches sur le développement et la classification de quelques Algues vertes*, Thèse, Paris, 1891, p. 89.

En aucun cas, dit-il plus loin se contredisant, il ne se produit de zoospore ou de *filaments*.

Chodat a, dans ses « Matériaux pour servir à l'histoire des Protococcoïdées[1] », décrit deux formes du *Pleurococcus vulgaris*, l'un de Meneghini, l'autre de Nägeli; il a rappelé les travaux de Gay et il insiste sur le fait que le *Pleurococcus vulgaris*, tant celui décrit par Meneghini que celui de Nägeli se multiplient par cloisonnements et peuvent produire des filaments courts. Il décrit en outre pour le *Pleurococcus* de Nägeli la formation de sortes d'aplanospores.

Artari citant Famintzin dit : « Die Beobachtungen Famintzins dass *Pleurococcus vulgaris* in fadenförmige Bildungen sich verwandeln kann, haben keine besondere Bedeutung; denn sie zeigen nur zufällige Anordnungen der Zellen, welche ihre für diese Art charakteristische Merkmale nicht verlieren und irgend welche neue Merkmale nicht bekommen. Man kann sehr oft beobachten, dass diese Fäden von *Pleurococcus* sich in flächenförmige Gebilde verwandeln, indem die Zellen nicht nur nach einer Richtung sondern nach verschiedenen Richtungen sich zu teilen beginnen, d. h. nach ihrer normalen Art und Weise [2] ».

On voit par cette citation jusqu'à quel point, dans le camp adverse au Polymorphisme, l'idée préconçue de l'immutabilité des Algues est dominante, puisque, constatant une variabilité très grande dans la forme et l'évolution du *Pleurococcus vulgaris* un observateur attentif comme Artari, ne saisit pas tout le parti qu'on peut tirer d'une observation si intéressante qu'une Algue, jusqu'alors considérée comme unicellulaire, peut produire des fila-

[1] Bull. Herb. Boiss., tome II, p. 613.
[2] Bull. Soc. imp. des nat. de Moscou, 1892, p. 26.

ments. Mais cela s'explique aussi par l'incompréhension qu'il y avait avant Chodat du réel caractère des Protococcacées ; on admettait en effet que chez les Pleurococcacées[1] il n'y avait que division végétative. Or dans ce malheureux groupe des Pleurococcacées, Wille faisait rentrer la plupart des genres que Oltmans met actuellement parmi les Senédesmacées et que Chodat a placé dans ses Protococcacées à l'exclusion de Pleurococcus qui appartient aux Algues filamenteuses.

Remarquons qu'Artari place dans le genre *Pleurococcus* non seulement les *Pleurococcus vulgaris* des auteurs mais aussi des plantes qui, de l'avis de tous les auteurs modernes[2], appartiennent aux Protococcacées. (Scenédesmacées d'Oltmans) par exemple : (*Pleurococcus regularis* = *Chlorella regularis* Oltmans, *Pleurococcus miniatus* = *Palmelloccus miniatus* Chod. = *Chlorella miniata* Oltm.) espèces dont la multiplication ne se fait jamais par cloisonnements persistants (vegetative Teilung) mais toujours sporangiales (freie Zellbildung). On conçoit dès lors qu'avec une définition si vaste du genre *Pleurococcus*, Artari ne s'étonne plus de rien : que le *Pleurococcus vulgaris* pousse ou ne pousse pas de filaments « hat keine besondere Bedeutung. Es sind nur zufällige Anordnungen der Zellen ».

Klebs[3] critiquant le travail de Chodat cité plus haut s'exprime ainsi :

« Denn ist seine Beobachtung (*l. c.*, p. 613) richtig, dass der schon vorhin erwähnte *Pleurococcus vulgaris* in ein *Stigeoclonium* auswachsen kann, so muss er auch zu den Fadenalgen gerechnet werden. Nun sagt aber Cho-

[1] Engler et Prantl, *Nat. Pflz. famil.*, Wille, *Chlorophyceae*.
[2] Oltmans, I, p. 184.
[3] Bedingungen, *loc. cit.*, p. 174.

dat: Je ne pense pas que *Pleurococcus* soit un état d'Algue supérieure. Je pense qu'il faut le considérer comme un type dégénéré par l'habitat et qui peut dans l'eau et dans des conditions favorables, tendre vers son état primitif. Also es soll *Pleurococcus* eine Degenerationsform von *Stigeoclonium* sein, die sich wie eine einfache Alge verhält »..... et plus loin, p. 175 : « Chodat und Borzi hätten nun in der heutigen Zeit für die Lösung der sie beschäftigenden Fragen von der Reinkultur ausgehen müssen ; sie haben es nicht getan ».

A ceci Chodat dans sa « Réponse provisoire[1] » a répondu qu'il n'avait jamais prétendu que le *Pleurococcus vulgaris* se développe en un *Stigeoclonium,* que dans son travail cette origine possible n'est pas même indiquée et il persiste à affirmer que ses observations faites à partir d'un matériel pur sont exactes en tous points. Le même auteur s'exprime ainsi[2] : « There are certainly two varieties or species known under the name of Pleurococcus vulgaris ; the first with more or less stellate chromatophores and pyrenoïds, wich in its *Cystococcus* stage can produce motile spores (*Pleurococcus vulgaris* Meneghini p. p. non Nägeli) and the other without pyrenoïds and with less stellate chromatophores, from wich I could not obtain mobil elements (*Pleurococcus vulgaris* Nägeli non Meneghini). In my cultures the two remained quite distinct ».

En 1899 Miss Snow[3] (élève de Klebs) a décrit, à propos de cultures, l'évolution de deux espèces de *Pleuro-*

[1] *A propos du polymorphisme des Algues vertes,* Réponse provisoire à M. G. Klebs, in Arch. d. Sc. phys. et nat. Genève, 1897, Janvier.

[2] Annals of Botany, vol. XI, mars 1897.

[3] Annals of Bot., 1899, Vol. XII.

coccus et répète ce qu'on savait déjà par les travaux de Chodat. Elle veut néanmoins essayer de prouver que les Algues en question qui produisent des filaments ne sont pas des Pleurococcus et elle propose pour ces plantes le terme de Pseudo-Pleurococcus. Chodat[1] fait remarquer alors que si les plantes décrites par Snow possèdent des pyrénoïdes elles correspondent au vrai *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini et qu'il n'est pas admissible que Miss Snow baptise d'un nom nouveau, justement la plante tout d'abord décrite par Meneghini comme type du genre et de l'espèce.

N.Gaidukow[2] a réétudié le développement d'une Algue trouvée sur des tufs. Comme elle contient des pyrénoïdes il l'identifie avec le *Pseudo-pleurococcus* de Snow. Elle apparaît sous la forme de paquets pleurococcoïdes, de filaments, de colonies à plusieurs couches hors desquelles peuvent sortir des filaments qui vont s'atténuant (ressemblance avec *Stigeoclonium*). Il en conclut que *Pseudo-pleurococcus* est un *Stigeoclonium*. L'auteur pas plus que Miss Snow ne donnent de détails sur le chromatophore ; ils ne décrivent pas non plus de zoospores ni de gamètes. Dans ces conditions on ne peut réellement savoir si l'on a réellement affaire à un *Stigeoclonium* ou au *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini (Pseudopleurococcus Snow).

Senn[3] confirme l'affirmation de Chodat relative à la production de filaments par le *Pleurococcus vulgaris*.

[1] *Algues vertes de la Suisse*, p. 277 et Bull. Herb. Boiss., t. VII, 1899, p. 827.

[2] Einige Bemerkungen über die Alge *Pseudo-pleurococcus* Snow, Arbeit. St Petersb. Natf. G., T. XXX.

[3] Bot. Zeit., 1899, Bd. LVII.

Mais comme cette confirmation n'est pas justifiée par une description on ne peut savoir s'il s'agit du *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini ou de Nägeli.

Farmer, au Congrès pour l'Avancement des Sciences britanniques à Toronto, confirme également que *Pleurococcus* peut émettre des filaments. Il y a aussi ici incertitude quant à l'identification de l'espèce.

Chodat avait indiqué dès ses premières recherches que *Pleurococcus* ne pouvait être considéré comme appartenant aux Protococcacées et s'exprimait ainsi : « Néanmoins l'importance de cette découverte ne peut manquer d'échapper à personne un peu au courant de l'Algologie. Elle place *Pleurococcus* à la base des Algues filamenteuses dont il est un type simplifié ». Plus tard il établit pour cette plante et pour les genres voisins la famille des Pleurococcacées (*Gongrosira, Pleurococcus, Chlorotylium, Foreliella*). Il sépara en espèces distinctes : 1° *Pleurococcus vulgaris* Meneghini (*Cystococcus humicola* Näg., *Pseudopleurococcus* Snow) ; 2° *Pleurococcus Nägelii* Chod. (*Pleurococcus vulgaris* Nägeli non Meneghini) ; 3° *Pleurococcus lobatus* Chod.

Beijerinck a décrit en 1898[1] une culture à peu près pure de *Pleurococcus vulgaris* seulement, mélangée seulement à une Algue du genre *Chlorella* et il prétend que contrairement aux affirmations de Farmer et Pertz[2] ce *Pleurococcus* ne produit jamais ni de filaments ni de sporanges.

Pour simplifier la discussion nous commencerons par celui des deux types qui présente le moins de complications.

[1] Centralblatt f. Bakt., IV, p. 786.
[2] Nature, vol. LVI, p. 601.

Mais avant d'entrer directement dans l'exposé de nos expériences, il nous faut encore énumérer l'opinion des deux auteurs qui sont en d'autres matières particulièrement compétents, Gay et Borzi.

Gay[1] combat de Wildeman pour avoir décrit un lien génétique entre le *Pleurococcus vulgaris* et les *Schizogonium*. Faisant allusion aux cellules propagatrices du Schizogonium qu'il connaît il dit : « Ces cellules propagatrices n'ont de *Pleurococcus* que l'apparence ; une erreur de détermination a seule pu amener à les confondre. Ainsi qu'on le verra plus loin les vrais *Pleurococcus* constituent un genre autonome caractérisé notamment par la présence dans chaque cellule d'un chloroleucite en plaque pariétale ; ils ne donnent jamais naissance à un thalle filamenteux. Les fragments propagateurs des *Schizogonium* possèdent la structure anatomique de ces derniers (chloroleucite étoilé central) et se transforment en thalles filamenteux et rubanés ».

Ainsi Gay attribue l'affirmation d'ailleurs juste de De Wildeman à une erreur de détermination. De Wildeman aurait pris pour un *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini des cellules propagatrices de *Schizogonium* qui en ont l'apparence. On voit que Gay ne connaît pas encore l'identification faite par Borzi, de laquelle il résulte que le *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini est une plante à chromatophore étoilé et à pyrénoïde central[2] Gay ne connaît que le *Pleurococcus* de Nägeli (Einzellige Alg.) et avec sa clarté habituelle il le distingue nettement des corps propagateurs d'un *Schizogonium*.

[1] *Recherches sur le développement et la classification de quelques Algues vertes*, Paris, 1891.
[2] *Studi algologici*, II.

Or Chodat, ayant étudié les deux espèces qui ont été confondues sous un même nom, et fait la distinction entre le *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini avec chromatophore étoilé et pyrénoïde et le *Pleurococcus vulgaris* Nägeli et Gay à chromatophore en plaque pariétale et dépourvu de pyrénoïde, la confusion est à son comble lorsque M. Borzi, qui ne paraît pas connaître le *Pleurococcus* des auteurs du Nord, et qui est celui décrit par Nägeli et Gay publie la « nota agiuntiva » suivante :

« Ad accrescere il confusionismo intorno al valore sistematico del genere *Pleurococcus* il Sig. Chodat[1] ha di recente coniato un *Pleurococcus* Näg. che dovrebbe essere qualcosa di diverso di *Pleurococcus* Meneghini. Ma tutto ciò que dice il Sig. Chodat della sua Alga, della struttura e sviluppo di essa, non può metterci in imbarazzo, essendo evidente l'errore in cui è incorso il chiarissimo Autore, doppoi che non resta alcun dubbio sui rapporti genetici delle forma da lui presa in esame qualche Ulothriciacea a filamenti ramificati (verosimilmente *Stigeoclonium*[2]. »

Plus loin le même auteur critique Wille d'avoir attribué au *Pleurococcus vulgaris* (in Engl. et Prantl., *l. c.)* des chromatophores en plaque pariétale :

« Il signore Wille attribuisce alle cellule di *Pleurococcus* parecchi cromatofori che talora, confluendo insieme, possono confondersi in unico di placa parietale. L'egregio autore ha evidente preso une grande equivoco[3]. »

Comme on le voit l'équivoque est partout. Gay et

[1] *Matériaux pour servir à l'histoire des Protoc.,* Bull. Herb. Boiss., 1894, p. 613.
[2] *Studi algologici,* II, p. 375.
[3] *Studi algologici,* II, p. 376.

Nägeli n'ont pas reconnu l'espèce de Meneghini et ont donné le nom de *Pleurococcus vulgaris* à une tout autre plante. De Wildeman qui ne s'y est pas trompé se voit attaqué par Gay qui lui reproche une erreur de détermination. Chodat qui le premier s'est aperçu de la confusion a eu le tort de ne pas de suite baptiser la nouvelle espèce et se voit reprocher par Borzi, qui ne connaît pas l'espèce de Nägeli, d'avoir confondu un *Pleurococcus* avec un *Stigeoclonium*. Borzi est à peine excusable car il aurait dû s'apercevoir que ce soi-disant *Stigeoclonium* n'a pas de pyrénoïde. C'est aussi ce qu'aurait dû voir Klebs qui fait dire à Chodat ce qu'il n'a jamais exprimé que *Pleurococcus vulgaris* se transforme en un *Stigeoclonium*[1].

Pleurococcus (vulgaris Näg.) **Nägelii** Chod.[2]

(Planche I.)

Hansgirg[3] fait rentrer cette espèce dans la série génétique suivante :

Ulothrix flaccida Ktz. a) *genuina* (incl. U. nitens Menegh. etc.) Jugendzustände : *U. flaccida* Ktz. ; b) *minor;* Einzellige Entwicklungsformen : *Stichococcus bacillaris* Näg. ex. p. *Dactylococcus caudatus* m., *D. bicaudatus* A. Br. *Dactylothece Braunii* Lag. ; *Protococcus viridis* Ag. ex. p. (incl. *Chlorococcum humicola Rbh.* = *Cystococcus humicola* Näg. ex. p.) ; *Pleurococcus vulgaris* (Grev.) Menegh., *Pl. pulcher* Kirchn. ; Pl. *miniatus* (Ktz.) Nägeli, *Glœocystis fenestralis* (Ktz.) A. Br. ; *Glœocystis vesiculosa* Näg. ex. p. etc. etc.

Si je suppose que c'est dans cette série que Hansgirg

[1] R. Chodat, *Réponse*, etc., l. c.
[2] *Algues vertes*, p. 281.
[3] *Loc. cit.*, 1885, p. 395.

a voulu placer le *Pleurococcus* dont nous allons parler, c'est que s'il rattache ces formes unicellulaires aux Ulothrix du groupe «*flaccida*» c'est parce que le chromatophore est pariétal, en forme de plaque, comme cela est d'ailleurs dans *Stichococcus*. Il faut cependant remarquer que comme *Pleurococcus Nägelii* Chod. est dépourvu de pyrénoïde il devient d'emblée douteux qu'une Algue comme *Ulothrix flaccida* munie de pyrénoïdes puisse donner naissance à des états unicellulaires qui en seraient dépourvus. Ceci suffirait à rendre très douteuse la filiation supposée par Hansgirg. Mais il y a plus, *Hormidium flaccidum* (*U. flaccida* auct.) incl. *H. nitens* se laisse parfaitement cultiver sur les mêmes milieux qui conviennent au *Pleurococcus vulgaris* et aux *Stichococcus bacillaris* etc. Or dans ces milieux en culture pure l'*Hormidium flaccidum* ne donne jamais naissance ni aux *Stichococcus* ni à *Pleurococcus vulgaris* ni aux autres Algues unicellulaires citées par Hansgirg (voy. p. 21).

Nous avons à plusieurs reprises sélectionné en milieux agarisés le *Pleurococcus* (vulgaris) *Nägelii* Chod. (Pl. I). C'est un triage difficile à réaliser parce que très souvent le retriage ne réussit pas et très souvent aussi la réinoculation se fait lentement. Mais nos cultures plusieurs fois retriées ne sont pas comme celles de Beijerinck mêlées à des cellules de *Chlorella* ce qui serait évidemment gênant pour la résolution du problème posé. D'après Beijerinck, sur les milieux, tant agarisés que sur les milieux gélatinisés, le *Pleurococcus vulgaris* se maintient remarquablement stable ne donnant jamais naissance à des filaments. A ceci nous ferons remarquer qu'en effet la production des filaments est souvent rare sur les milieux agarisés. Nous avions même classé à part des

races de ce *Pleurococcus* qui ne nous avaient pas montré de productions filamenteuses. (Pl. I, fig. *D. B. C.*) Mais les réexaminant au bout de plusieurs mois nous leur avons trouvé des filaments, rares sans doute, mais cependant certains. Sur gélatine glycosée cette production s'est faite plus abondamment. Les figures de la planche I représentent le polymorphisme observé dans nos cultures pures. Tous les dessins ont été faits au même grossissement et à la chambre claire. On voit que ces recherches confirment celles de Chodat en ce qui concerne la production de filaments. Mais cet auteur a en outre indiqué la formation d'aplanospores qui n'ont pas été obtenues à partir de nos cultures. On voit dans la fig. F, Pl. I, que ces filaments après s'être allongés se terminent parfois de nouveau en tétrades pleurococcoïdes. Dans la fig. N on a un état filamenteux un peu plus compliqué. Les petits ronds qu'on voit dans certains des chromatophores ne sont pas des pyrénoïdes mais simplement des trous du chromatophore. Dans les vieilles cultures apparaissent des stades où la membrane est munie de crêtes comme celles figurées par Chodat dans les Algues vertes de la Suisse. A cela se bornent actuellement les formes observées dans nos cultures pures. Faut-il en conclure que cette Algue n'est pas capable de fournir encore des aplanospores, c'est ce que des études ultérieures pourront seules décider.

Pleurococcus lobatus Chod.[1]

Chodat a décrit un *Pleurococcus* tout à fait identique au précédent, quant à la forme et au contenu, mais qui

[1] *Alg. vertes*, p. 284.

désarticule plus facilement ses cellules et qui produit rarement des filaments. Nous avions déterminé sous ce nom un *Pleurococcus* qui ne produisait pas de filaments, mais, après nouvel examen, au bout de plusieurs mois, nous lui avons trouvé de courts filaments. Si l'on rencontre donc des races de *Pleurococcus vulgaris* Nägeli qui paraissent ne pas donner de filaments il faudra attendre et, si possible, les réinoculer sur la gélatine sucrée (2 %) qui s'est montrée favorable à cette production.

Pleurococcus vulgaris Meneghini non Nägeli non Gay.

(Planches II, III, IV.)

Nous avons déjà dit qu'il ressort de l'examen d'échantillons authentiques des plantes étudiées par Meneghini que cette espèce a des chromatophores étoilés et qui ont, en leur centre, un gros pyrénoïde[1]. C'est le *Pleurococcus* décrit par Chodat dans « Algues vertes de la Suisse » sous le nom de *Pleurococcus vulgaris* Meneghini. Nous l'avons plusieurs fois obtenu en culture pure mais son maintien est difficile. Actuellement nous ne l'avons plus qu'en culture mêlée de bactéries. C'est une culture pure du type de celles de Klebs. Ce que nous en dirons sera sujet aux objections que nous avons faites aux cultures improprement nommées pures par Klebs et Gerneck.

Néanmoins le lien génétique entre les diverses formes est certain car il ressort du fait que les formes décrites par groupes sont issues d'une cellule ou d'une tétrade isolée dans la gélose. En outre comme ces mêmes varia-

[1] Borzi, *l. c.*, p. 211.

tions se répètent dans chaque colonie, les observations se complètent et se vérifient mutuellement.

Cette espèce se trouve toujours associée dans la nature sur les écorces un peu humides ou sur les murs ombragés et plus ou moins riches en matières azotées, avec les espèces de *Schizogonium* nommées *S. murale, S. radicans,* etc.

Nous savons combien il faut se garder de penser que parce que deux algues sont parfois associées il s'ensuit qu'elles aient un lien génétique. Mais si cette coïncidence n'est pas une preuve il ne sera pas défendu de le constater lorsque toutes les preuves du lien génétique entre le *Pleurococcus vulgaris* et les espèces du genre *Schizogonium* auront été fournies. Il faudrait un facteur extraordinaire pour que l'argumentation qui va suivre fût caduque.

Voyons maintenant les résultats qu'on peut tirer des cultures citées plus haut. L'Algue se présente dans ces cultures tantôt en paquets pleurococcoïdes isolés ou agrégés (Planche II, fig. 1, 3, 4, 5, 8, 14 et planche III, fig. 5, 6). Les cellules contiennent un chromatophore toujours étoilé ou irrégulièrement lacinié et en son milieu un pyrénoïde toujours très distinct. Les paquets deviennent rapidement multicellulaires par cloisonnement des quatre ou des huit cellules primitives, alors les paquets sont à plusieurs couches et il devient plus difficile d'en connaître l'intérieur, parfois les cellules de ces paquets se désarticulent, s'arrondissent. Alors on remarque encore mieux la forme étoilée du chromatophore qui, non seulement est en forme de plaque découpée, mais qui porte des crêtes radiantes. Par cloisonnement, selon un tétraèdre, il se forme des groupes comme ceux figurés dans la planche I,

fig. 12. Dans ces cellules arrondies on observe souvent que le chromatophore est comme échancré d'un côté. C'est le stade qui correspond au genre *Cystococcus* de Nägeli. Les paquets se multiplient et forment des amas plus ou moins lobés ou des thalles à plusieurs couches de cellules qui peuvent être entiers ou desquels sortent des filaments simples ou ramifiés et dont les cellules contiennent un chromatophore tout à fait semblable à celui qui sera décrit pour les *Schizogonium* observés dans la nature (Pl. I, fig. 6, 7, 9, 11). Ces filaments vont souvent s'atténuant vers leur extrémité de telle façon qu'ils présentent une lointaine analogie avec des poils d'un *Stigeoclonium*. C'est probablement ce qui a fait ranger cette espèce dans le genre *Stigeoclonium* par Gaidukow (voy. p. 57, op. nob.). Ces filaments multiplient leurs cellules par des divisions parallèles à l'allongement, il en résulte que sur leur parcours il se forme de nouveau des paquets pleurococcoïdes. D'autres fois, les cellules de ces filaments se libèrent des membranes extérieures, s'arrondissent et retournent au stade *Cystococcus* (Pl. II, fig. 7, 8).

Si, maintenant, nous étudions les Algues dont on est parti pour établir les cultures pures on remarque que les mêmes états *Pleurococcus* que ceux qu'on a étudiés en culture pure et les mêmes états *Cystococcus* se trouvent mélangés à des filaments de *Schizogonium,* dont les cellules ont un contenu absolument identique à celui que nous avons appris à connaître dans le *Pleurococcus vulgaris* en culture pure. Ces filaments *Schizogonium* donnent naissance sur leur parcours aux rhizoïdes bien connus et qui caractérisent l'espèce *S. radicans* (Pl. III, fig. 2, 3 et Pl. IV, fig. 2, 21). Dans beaucoup de filaments on peut voir que les cellules tendent à s'arrondir par une espèce

de rénovation à l'intérieur des filaments. (Pl. IV, fig. 1, 7, 21, 20, 19, etc.). Ces cellules arrondies que l'on voit se libérer sous l'œil de l'observateur ne tardent pas à grossir et à former des états unicellulaires *Cystococcus* tout à fait semblables comme grosseur et contenu à ceux qu'on a vu naître aux dépens des *Pleurococcus* en culture. Ces cellules en se cloisonnant donnent naissance à de nouveaux états *Pleurococcus* (Pl. IV, a, fig. 12, et Pl. III, A, fig. 5, 6, 10, 11). Sur le parcours des filaments eux-mêmes on voit s'établir des paquets *Pleurococcus* si bien qu'on n'est plus en doute sur cette question de savoir si réellement les *Schizogonium* peuvent ou ne peuvent pas donner naissance à des cellules *Cystococcus* et à des paquets *Pleurococcus*. La forme et la position du chromatophore restent dans tous les cas les mêmes. Cette forme étant caractéristique, il n'est pas possible de la confondre avec une autre. Nos résultats sont donc conformes dans une certaine mesure avec ceux déjà publiés par Borzi (p. p.). Ainsi nous voyons que *Pleurococcus vulgaris* Meneghini se présente comme une Algue unicellulaire bi- ou pluricellulaire à disposition cubique ou tétraèdrique ou en paquets plus compliqués desquels peuvent sortir des filaments dont les cellules ont un chromatophore toujours étoilé.

Depuis fort longtemps les auteurs se sont occupés de cette plante et nous pensons qu'elle est une des causes principales des errements que les botanistes ont commis à propos du polymorphisme des Algues. Hansgirg résume ses idées sur ce sujet en disant [1] :

« 2. Formenreihe. Entwickelte Form : *Prasiola crispa*

[1] Bot. Centralblatt, *l. c.*, p. 399.

Ktz. Ulothrix-Formen : *Ulothrix radicans* Ktz., *Schizogonium murale* Ktz. — Einzellige Entwicklungszustände : *Protococcus viridis* Ag. ex p., *Palmella mucosa* Ktz. ex p., *Pleurococcus crenulatus* n. sp., *Acanthococcus aciculiferus.* »

En résumé les *Schizogonium* (incl. Prasiola) ont une forme unicellulaire protococcacée et pleurococcacée. Après Meyen (Linnæa 1827) et Kützing (Phycologia germanica, p. 145 et Umwandlung, p. 72 ; vide Unger Nov. Acta, 1833, Tab. 39, fig. 1-10 ; Hicks, Quart. Journ. of Microsc. science, 1861). De Wildeman[1] a reconnu sur l'*Ulothrix crenulata* l'*U. radicans* et l'*U. parietina* que les unes et les autres de ces espèces produisent des états unicellulaires protococcoïdes ; il a bien reconnu la possibilité qu'ont ces filaments de s'épaissir en produisant des cloisons longitudinales. De Wildeman avec beaucoup de prudence ne veut pas conclure que les formes unicellulaires ou pleurococcoïdes rencontrées appartiennent au *Schizogonium radicans* ou au *S. parietina,* mais, dit-il, il ne serait pas étonnant que les deux espèces puissent produire des formes voisines du *Pleurococcus vulgaris.*

« *L'U. radicans* présente quelquefois une autre variation qui pourrait être due au dépérissement de l'espèce. Le filament se dissocie ; les cellules se séparent les unes des autres, s'arrondissent et prennent une forme analogue à celle de *Protococcus ;* les cellules libres ainsi formées constituent-elles un autre mode de propagation ? C'est là un fait que je n'ai pu établir jusqu'ici ».

Borzi dans ses Studi algologici, reprend cette question et la complète et la complique. Il reconnaît avec ses

[1] *Note sur deux espèces du genre Ulothrix,* Bull. soc. botanique de Belgique, 1887, p. 111.

prédécesseurs que des filaments *Schizogonium* peuvent passer à un état thalleux *Prasiola ;* il reconnaît avec De Wildeman la désarticulation des cellules et leur arrondissement, il ajoute que ces cellules peuvent se comporter comme une Algue unicellulaire ; il montre que ces états unicellulaires passent à des états pleurococcoïdes et que de ceux-ci peuvent naître des zoosporanges et des gamétanges. L'origine de ces gamétanges et zoosporanges à partir de formes pleurococcoïdes est démontrée par des liens qui unissent les deux cellules pleurococcées à chromatophore étoilé, liées à un sporange dont les zoospores sont mis en liberté sous les yeux de l'observateur ; nous pouvons confirmer tout cela, mais il nous est difficile d'aller plus loin, car nous ne voyons pas sur quelle preuve il peut entraîner la conviction du lecteur que les figures de la planche 20 de son Mémoire avec des micro et des macrogamètes appartiennent réellement à l'Algue en question. Ces stades unicellulaires de *Schizogonium* correspondent aux stades du *Pleurococcus vulgaris* décrit par Chodat[1]. Nous avons repris soigneusement cette étude des *Schizogonium*. Et tout d'abord reconnaissons qu'il ne peut s'agir dans ce qui va suivre d'une étude sur une espèce ou une race. Il serait possible en effet qu'il existe plusieurs espèces ou races subordonnées au *Schizogonium crispum.,* toutes étant plus ou moins capables de produire des rhizines. Mais si même il existe plusieurs espèces, comme le veut De Wildeman, elles se comportent au point de vue qui nous intéresse toutes de même. Nous avons déjà donné plus haut le résultat de nos observations qui aboutissent à identifier le *Pleuro-*

[1] *Algues vertes de la Suisse*, p. 279, fig. 191, 192, 193, 194.

coccus de Meneghini avec des cellules propagatrices d'un *Schizogonium*.

Mais, dira-t-on, l'auteur ne reste pas fidèle à son principe du début qu'il ne faut considérer comme certains que les résultats qu'on tire de cultures pures. Sans doute, mais ici la difficulté de définir les objets est moindre que partout ailleurs ; en effet :

1° Toutes ces cellules ont le même chromatophore étoilé muni au centre d'un pyrénoïde. Or nous le demandons, y a-t-il beaucoup d'Algues vertes munies de chromatophore étoilé ? Nous n'en connaissons que parmi les Chlamydomonadées et encore le chromatophore du *Chlamydomonas stellata* ne peut être confondu avec celui de nos plantes. Ni dans les Tétrasporacées ni dans les Volvocinées ni dans les Protococcacées, à l'exception du genre *Eremosphæra* dont le chromatophore est radiant mais d'un autre type et à pyrénoïdes nombreux, ni dans les Pédiastrées ni dans les Pleurococcacées autres que celui-ci, ni dans les Chétophoracées etc. il n'y a de semblables chromatophores. On n'en trouve de ce type que dans les Schizogoniées (Prasiola etc.) et le Pleurococcus vulgaris Meneghini (incl. *Cystococcus humicola)* (Pl. II-IV).

2° Des *Schizogonium* reconnaissables à leurs cellules et à leurs fortes membranes engainantes émettent sous l'œil de l'observateur des cellules protococcoïdes à chromatophore étoilé. (Pl. IV, fig. 3 ; fig. 4, 5, 6 ; II, 12).

3° Des filaments de *Schizogonium* qui à l'une de leurs extrémités émettent des cellules, « *Protococcus, Cystococcus* » forment sur leur parcours des paquets pleurococcoïdes et finalement des thalles *Prasiola*. (Pl. III, fig. 4 ; Pl. IV, fig. 19).

4° Les états *Protococcus* passent à l'état de *Pleurococcus* en conservant toujours les mêmes caractères cellulaires (Pl. III, A, fig. 10-14).

5° Des états *Pleurococcus* émettent des filaments (Pl. II, fig. 8-9) du type *Schizogonium* et en même temps des cellules protococcoïdes. Ce qui précède ne nous permet pas d'aboutir à une autre conclusion que celle-ci : Il n'y a presque aucun doute qu'à des états Schizogonium correspondent des états thalleux *Prasiola,* des états pleurococcoïdes décrits par Meneghini sous le nom de *Pleurococcus vulgaris* et enfin des états *Protococcus* connus sous le nom de *Cystococcus humicola.*

Y a-t-il maintenant plusieurs espèces ? Cela est probable, mais cette question ne peut être résolue que par un examen comparatif en culture pure. Nos conclusions infirment donc la séparation qu'a faite Chodat en mettant les *Schizogonium* dans une autre famille que le *Pleurococcus vulgaris.* Cette dernière espèce doit donc être réunie définitivement à la famille nommée Schizogoniacées ou Prasiolacées.

Alors que devient le genre *Pleurococcus* si l'espèce principale qui a servi à l'établir disparaît de la nomenclature ; mais il reste le *Pleurococcus Nägelii* dont la morphologie et la cytologie sont tout autres, qui ne produit jamais de zoospores et dont le chromatophore n'est jamais étoilé. Les ressemblances que présentent extérieurement les deux *Pleurococcus* sont dues à un phénomène de convergence causé par le même mode de vie à l'air. Ces deux plantes ne sauraient donc rester côte à côte dans un même genre. Si nous ne voulons pas supprimer le genre *Pleurococcus,* il faut désormais réunir la plante de Meneghini aux *Schizogonium* et prendre

Pleurococcus Nägelii comme le type du genre réformé *Pleurococcus*.

Borzi comme nous l'avons vu[1] est allé plus loin. Il a prétendu que par fusion congénitale des gamètes ou des zoospores se formeraient des corps en fuseau et qui ne seraient autres que des états *Raphidium*. Ces *Raphidium* se multiplieraient pendant un temps indéterminé par simple scissiparité et pendant très longtemps pourraient paraître constituer un genre distinct. C'est ce qu'il a nommé un état anamorphe. Cela est évidemment une erreur car les *Raphidium* auxquels il fait allusion (*R. Braunii, R. polymorphum*) n'ont pas de pyrénoïde. En outre, dans nos cultures pures les *Raphidium* n'ont jamais montré aucune tendance à produire, quelque polymorphes qu'ils soient, des états qui rappelleraient, même de loin, les stades unicellulaires d'un *Schizogonium*.

On voit que sur ce point, nous sommes à peu près d'accord avec Hansgirg[2] qui, à la suite d'autres auteurs, a bien reconnu le lien génétique qui unit les *Prasiola*, les *Schizogonium* et le *Pleurococcus vulgaris* de Meneghini. Mais il a eu tort d'ajouter le *Palmella mucosa* qui est d'un tout autre groupe. Nous pensons que ce lien génétique ayant déjà été établi par des auteurs anciens et Hansgirg en ayant reconnu le bien-fondé, il en est arrivé à la conclusion qu'un semblable polymorphisme devait pouvoir s'observer chez toutes les Algues.

Nous allons voir que ce sera la seule et dernière fois que sur un point important il nous sera possible d'être de son avis.

[1] Borzi, *Studii anamorcifici di alcune alghe verdi*, Nuovo Giorn. bot. ital., vol. XXII, 1890.

[2] Voir aussi Hansgirg, *Phycophytolog. Stud.*, p. 250-251.

La plante dont il va être question ci-après a très certainement été confondue plusieurs fois dans la nature avec les Pleurococcus dont nous avons parlé; à ses états unicellulaires ou pleurococcoïdes, elle rappelle plus particulièrement le *Pleurococcus Nägelii;* nous l'avions prise au début pour une espèce nouvelle du genre *Pleurococcus* mais nous avons plus tard reconnu qu'elle est identique à la plante nommée par Chodat *Heterococcus viridis.*

HETEROCOCCUS

Heterococcus viridis (Chodat)[1].

(Pl. V, VI.)

Sous ce nom Chodat décrit une espèce nouvelle appartenant selon lui à un genre de Confervacées (Hétérokontes) qui, à certains moments de son développement, rappelle beaucoup des états d'Algues Pleurococcacées comme le *Pleurococcus Nägelii,* etc. Cette Algue se trouve dans les eaux du lac de Genève, sur les murs humides du bord du Lac et sur les écorces humides. Elle se présente sous les formes suivantes :

1. Cellules arrondies protococcoïdes (Pl. V, b et Pl. VI, fig. 8).

2. Paquets pleurococcoïdes en tétrades, ou plus compliqués, donnant ou ne ne donnant pas naissance à des filaments courts (Pl. V, c, fig. 4, 5, 6; Pl. VI, fig. 4, 5, 3, 2, 6, 12, 14, 11, 10, idem, 16 à 22).

[1] Chodat, Bull. Herb. Boiss., 1908, p. 81; Société botanique de Genève, déc. 1907.

3. Filaments simples ou ramifiés à cellules plus ou moins allongées et munies chacune, comme d'ailleurs celles des autres états de plusieurs chromatophores, en plaques et sans pyrénoïde.

Les zoospores sont légèrement aplaties et munis de deux cils inégaux, l'un dirigé en avant, l'autre plus difficile à voir dirigé en arrière. Il y a un stigma vers le tiers antérieur du corps. Ces zoospores sont très agiles ; pour les étudier, il faut les arrêter au moyen d'une solution de cocaïne ou les fixer rapidement par l'eau iodée (V, A, Pl. VI, 24-32). Tout le développement figuré l'a été à partir de cultures pures réalisées plusieurs fois et de différentes localités. La culture de cette Algue réussit plus facilement que celle du *Pleurococcus vulgaris ;* elle est aussi plus rapide; au bout de quelques semaines, elle a déjà formé sur les milieux agarisés des amas vert foncé, semi pulvérulents qu'on prendrait au premier abord, s'ils n'étaient beaucoup plus foncés, pour des colonies de *Pleurococcus Nägelii.*

Nous avons de nouveau ici une Algue qui, se comportant en gros comme les deux précédentes, prête à confusion. Mais elle en diffère essentiellement par des chromatophores nombreux par cellule, par l'absence de pyrénoïde et surtout par la formation de zoospores à cils inégaux. Le critique le plus exigeant ne pourrait nier que cette Algue ne soit polymorphe ; sans doute, elle conserve à ces divers états les caractères spécifiques de ses cellules et peut toujours être ramenée facilement par une culture dans l'eau à produire des zoospores. Mais justement le polymorphisme œcogénique consiste dans cette propriété d'une plante de pouvoir se présenter sous plusieurs aspects sans changer de nature. Ce genre assez

voisin du genre *Botrydiopsis* en diffère par la formation de filaments, elle constitue donc un genre de passage entre les Confervales unicellulaires et les Confervales du type *Conferva* et *Bumilleria*. M. Gerneck a décrit (*l. c.*, XXI, 263) sous le nom de *Monocilia* deux espèces qui semblent assez bien cadrer par leur polymorphisme avec le genre *Heterococcus* de Chodat, mais Gerneck n'indique qu'un seul cil aux zoospores. Quand même il est probable que Gerneck et Chodat ont eu devant les yeux la même plante, le nom donné de Gerneck doit être abandonné. En ce qui concerne le genre c'est un « nomen nudum » puisque l'auteur n'a pas donné de diagnose générique et puis, s'il se confirmait que les zoospores du genre *Monocilia* ont deux cils comme cela paraît probable, le terme de *Monocilia* devrait quand même être rejeté car le nom serait absurde.

CHÉTOPHORACÉES

Stigeoclonium.

La systématique du genre *Stigeoclonium* est très obscure. La délimitation scientifique des espèces n'a jamais été faite. Cependant il est certain que des espèces de ce genre peuvent exister sous forme de cellules isolées arrondies, Protococcoïdes, plus ou moins remplies de graisse et qui se divisant à la façon d'un Pleurococcus peuvent produire un thalle rampant qui ressemble à ceux que produisent parfois les cellules du *Pleurococcus Nägelii* ou de l'*Heterococcus viridis*. Le thalle, véritable talon, porte parfois des poils et de lui s'élèvent des filaments dressés plus ou moins munis de poils. Tous les auteurs sont

d'accord sur ce point, y compris Klebs qui admet même l'état palmelloïde décrit par Cienkowski. A tous ces stades l'Algue peut fournir des zoospores qui sont quadriciliés rarement biciliés.

Quant à l'opinion de Hansgirg[1], que le *Stigeoclonium flagelliferum* Ktz. appartient à une série génétique constituée par *Draparnaldia plumosa* etc., *Ulothrix zonata* Ktz., il est aisé de la réfuter. Tout d'abord les zoospores des Ulothrix sont de tout autre forme que ceux de *Stigeoclonium* quand même ils sont également quadriciliés, leur germination est tout autre ; enfin jamais personne n'a réellement vu un *Ulothrix* se ramifiant. L'*Ulothrix zonata* malgré ses états *palmella* et ses akinètes ne produit jamais en s'implantant de talon ramifié sur le substratum. Il n'y a donc aucune raison pour s'arrêter à discuter plus longuement l'opinion évidemment erronée de Hansgirg.

Quant aux *Draparnaldia,* ils constituent un genre très distinct par la différenciation du thalle qui ne peut être confondu avec ceux du *Stigeoclonium*. Nous trouvons inutile d'en dire davantage, la description de ce genre étant suffisamment complète dans les travaux récents de Gay, Klebs, Chodat, Oltmans, Pascher. Tous ces auteurs admettent un certain polymorphisme dans ce genre (état palmelloïde, hypnospores désarticulées, variation dans l'arrangement réciproque des filaments, du tronc et des branches, développement inégal des rhizines). On connaît l'extrême plasticité du *Chaetonema irregulare* d'après Huber[2].

[1] Bot. Centralblatt, XXII, p. 400.

[2] Huber, *Chætonema irregulare,* Bull. Herb. Boiss., tome II, 1894, p. 164, Tab. I.

Nous avons choisi ces quelques Algues pour le début de cet exposé systématique, parce que ce sont celles auxquelles on peut appliquer avec justesse le terme de polymorphes. Il faudrait renoncer à voir dans les termes scientifiques un mode adéquat de représentation pour refuser, à cause des abus qui ont été faits de ce mot par les partisans et les adversaires du polymorphisme, d'appeler ces Algues polymorphes.

Ce sont véritablement des plantes qui tout en conservant leurs caractères essentiels, caractère cellulaire et mode de reproduction, apparaissent sous plusieurs formes, qu'il serait au premier abord difficile, et sans en suivre l'évolution, de reconnaître comme appartenant à une même espèce ; elles sont donc bien réellement polymorphes.

MICROTHAMMIUM

Microthammium Kützingianum Nägeli[1].

(Pl. VII, fig. A-D.)

Voici une espèce qui rappelle par le mode de ramification et par son chromatophore le *Pleurococcus Nägelii*. Comme chez cette dernière espèce, le chromatophore est dépourvu de pyrénoïde, il est en plaque pariétale. Nous avons cette plante en culture pure depuis trois ans, sur les milieux les plus différents ; les résultats ayant été obtenus sur les mêmes milieux et dans les mêmes conditions d'éclairage, d'humidité et de température, on ne pourra pas invoquer ces facteurs comme étant inhibi-

[1] Kützing, *Spec.*, p. 352.

toires. L'Algue croît admirablement sur presque tous les milieux. La plante est connue par les fig. qu'en donnent Kützing[1], Schmidle[2] et Chodat[3]. Schmidle en a fait trois variétés : A. *Genuinum,* B. *Strictissimum,* C. *Exiguum.* Dans nos cultures les formes et les grandeurs des cellules varient beaucoup, ce qui fait que les variétés de Schmidle ne sont guère que des formes accidentelles. Mais à part ces différences de longueur ou d'épaisseur l'Algue varie très peu. Dans les conditions où le *Pleurococcus Nägelii* produit beaucoup si ce n'est exclusivement des paquets pleurococcoïdes presque sans formation de filaments, le *Microthammium Kützigianum* retient, avec une constance remarquable, son type ramifié. Lorsque les cultures sont plus âgées on voit les cellules de beaucoup de filaments se désarticuler. Cette désarticulation se fait de la manière suivante : (Pl. VII) la cloison s'épaissit beaucoup en forme de lentille biconcave (fig. D, d, C, 1, 2). On remarque les zones d'épaississement à un fort grossissement ; il y a finalement dissolution et la cellule est isolée (fig. A, 1-7). Ces cellules isolées sont rarement sphériques, parfois ovales, plus souvent oblongues ou en massues. Jamais ces cellules isolées ne se sont cloisonnées autrement que par des diaphragmes transversaux, dans une seule direction. Jamais n'apparaissent des thalles pleurococcoïdes quand même les conditions de cultures sont les mêmes que celles qui favorisent la production de ces thalles dans les genres *Pleurococcus, Schizogonium* et *Heterococcus.* Le *Microthammium Kützigianum* est donc une Algue très peu polymorphe. Nous n'avons

[1] *Tab. phyc.*, III, T. 1.
[2] *Flora,* 1899, Tab. VII.
[3] *Algues vertes de la Suisse,* p. 287, fig. 202.

jamais observé la formation des sporanges terminaux décrits par Borzi. Rien ne nous fait supposer que cette plante soit capable de fournir des zoospores. Notons en passant, que si le pyrénoïde manque, dans les cultures sur sucre, nous avons pu constater que du glycogène s'accumule dans la cellule.

PROTOCOCCACÉES

Les Algues que nous allons étudier sous ce nom comprennent la majeure partie des Pleurococcacées de Wille[1], les Scénedesmacées d'Oltmans[2], les Protococcacées de Chodat[3]. On a dit de ce groupe qu'il est la croix des Algologues :

« Palmellaceen, Pleurococcaceen, Protococcaceen und ähnliche Glieder der Protococcales stellen die ärgsten Schmerzenkinder der Algologen dar, und fast hilflos steht er ihnen gegenüber.... Mehr als genug werden wir in den späteren Abschnitten unseres Buches zu berichten haben von höhern Grünalgen, welche in gewissen Phasen ihres Lebens die Form annehmen, die wir alsbald für Chlorococcum, Chlorosphæra usw. beschreiben werden ; und deshalb wird man mich fragen, ob denn diese Gebilde, welche wir hier als niederste Glieder der Protococceenreihe ausgehen, wirklich selbständige Formen sind. Ganz sicher weiss ich das nicht, aber ich verlasse mich auf sorgfältige Beobachter[4].... »

[1] Engler et Prantl, *Nat. Pflz. Fam.*, Chlorophyceæ, p. 24 et seq.
[2] Oltmans, *Algen*, I, p. 183.
[3] Chodat, *Algues vertes de la Suisse*, p. 157.
[4] Oltmans, *l. c.*, p. 169.

L'impression peu confortable que fait sur Oltmans le Système des Algues unicellulaires provient des confusions qui ont été commises par les auteurs qui n'ont pas compris qu'il faut soigneusement séparer les vraies Protococcales (Volvocinées, Tétrasporacées, au sens de Chodat), Protococcacées (Protococcacées et Scénedesmacées d'Oltmans), Pleurococcacées de Wille à l'exclusion du genre *Pleurococcus,* Tétrasporacées de Wille à l'exclusion de *Botryococcus,* de *Mischococcus* et d'*Ocardium)* des Algues appelées par Chodat Pleurococcoïdes parce qu'elles présentent un vrai cloisonnement comme : *Pleurococcus* et *Chlorosphæra.* Alors le Système devient extrêmement clair : c'est ce qu'on voit d'ailleurs dans les publications de Chodat et d'Oltmans où ces groupes sont sensiblement traités de la même manière. (Voir aussi Blackmann Chlorophyceæ [1].)

On voit par là que la question est loin d'être résolue même pour un algologue comme Oltmans. Nous pensons que le genre *Chlorosphæra* de Klebs dont les cellules peuvent former de courts filaments ne peut être maintenu ici. Le caractère essentiel des Protococaccées est de se multiplier toujours par sporanges et de ne jamais se cloisonner définitivement. Les produits de la division à l'intérieur de la cellule mère se libèrent, s'arrondissent ou s'organisent dans cette cellule mère qui fonctionne comme un sporange. Chez beaucoup d'espèces, les cellules filles prennent déjà dans la cellule mère les caractères de l'espèce : lorsque la cellule mère s'ouvre pour émettre ses spores, celles-ci sont déjà transformées en cellules de la forme adulte ; c'est cette germination hâtive à l'intérieur

[1] New Phytologist, Blackman and Tansley, *Classification of Green Algae*, I, p. 70 et seq.

de la cellule mère que Chodat a désigné sous le nom de « Autosporie ».

L'observateur qui s'adresse à des espèces de cette famille fera bien de rechercher la membrane de la cellule mère à tous les stades ; parfois elle est difficile à voir parce qu'elle est transparente ou gélifiée ; mais en utilisant les réactifs colorés (bleu de méthylène ou rouge-Congo) on réussit généralement à l'observer pendant toute la durée de la sporulation ; jamais on n'observe ici de vrai cloisonnement. Lorsque comme dans les *Raphidium* on croit être en présence d'un fractionnement des cellules, un peu de soin dans l'examen fera connaître l'existence d'une membrane générale de la cellule mère.

Nous avons en culture un nombre assez considérable de Protococcacées ; nous nous bornerons à discuter le polymorphisme apparent de quelques types.

Hansgirg[1], à propos de Protococcacées, s'exprime ainsi : « Wie die meisten Schizophyceen so sind auch einige Chlorophyceen polymorphe Algen. Die meisten fadenartigen chlorophyllgrünen Algenformen, welche in den Gattungen, *Glœotila, Microspora, Conferva* .... *Hormiscia, Ulothrix, Hormidium, Schizogonium* Ktz. enthalten sind stehen im genetischen Zusammenhang mit anderen höher entwickelten chlorophyllhaltigen Algenformen aus der Familie der Chætophoraceen, Siphonocladeen, Ulvaceen.... Durch Aufquellen und Auseinanderweichen der Zellwände, sowie durch fortschreitende Teilungen entstehen aus den oben angeführten u. A. höher organisierten chlorophyllgrünen Algenformen aus den Familien der Chætophoraceen, Ulvaceen...

[1] *L. c.*, B. C. B., p. 280.

verschiedene im weiteren Sinne des Wortes « einzellige Algen genannte » zu den Protococcoideen Cohn (Palmellaceen Rhb. und Protococcaceen Rhb.) gezählte, zum Teile gewissen Zooglœazuständen der Schizophyten entsprechende, chlorophyllhaltige Algenformen, die in den Gattungen *Protococcus* Ag., *Palmella* Lyngb., *Pleurococcus* Menegh., *Chlorococcus* Fries, *Glœocystis* Näg., *Stichococcus* Näg., *Dactylothece* Lag., *Palmoglœa* Ktz., *Schizochlamys* A. Br., *Palmodactylon* Näg., *Dictyosphærium* Näg., *Geminella* Lag., *Hormospora* Breb., *Apiocystis* Näg., *Acanthococcus* Lag., *Polyedrium* Näg., *Characium* A. Br., *Hydrianum* Rhb. u. a. zusammengestellt sind ».

Ainsi Hansgirg admet que l'immense majorité des genres de Protococcoïdées ne sont que des états d'Algues supérieures réalisées par désarticulation des cellules.

Toutes les erreurs scientifiques comme la fable antique reposent sur une donnée en partie juste. Nous avons vu plus haut qu'en effet *Schizogonium* émet facilement dans les lieux ombragés et humides des cellules arrondies qui fonctionnent tantôt comme *Pleurococcus,* tantôt comme *Protococcus*. Tous les algologues savent que *Stigeoclonium* peut également donner naissance à des cellules isolées qui paraissent se comporter comme des Protococcacées. Dodel et Klebs ont décrit très exactement le développement de l'*Ulothrix zonata ;* on sait à n'en pas douter que cette Algue peut produire des hypnocystes qui s'isolent en fonctionnant pendant un temps comme une Algue unicellulaire. Ceci a été confirmé par Gay, nous avons nous-même souvent observé ces états unicellulaires. Après Cienkowski et Gay, Chodat a décrit la gélification de l'*Ulothrix* et la mise en liberté des cellules

arrondies[1]. Dans les Trentepohliacées il arrive souvent que des cellules se désarticulant du thalle plus ou moins filamenteux, se comportent passagèrement comme Algue unicellulaire. Mais ces cas sont assez rares et dans l'examen de l'eau des flaques, des étangs, des marécages on ne rencontre presque jamais ces stades unicellulaires des Algues filamenteuses.

Les Algues vertes unicellulaires du Plancton telles que *Scenedesmus, Raphidium, Chlorella, Oocystis, Dactylococcus, Cœlastrum,* etc. sont-elles également des stades unicellulaires d'Algues filamenteuses ? Pour la plupart de ceux qui ont étudié ces plantes dans la nature cela a paru très improbable. Seul parmi les modernes Borzi admet un lien génétique entre les *Raphidium* et les Algues filamenteuses comme son *Prasiola crispa (Schizogonium)* ou son genre *Protoderma*[2] Kütz. ; dans ce dernier genre il fait rentrer *Palmoglœa* Kütz.; *Cystococcus* Rabh. e. p., *Pleurococcus* Rabh. e. p. etc., *Botryococcus* Ktz., *Nephrocytion* Näg. Disons tout de suite que ce *Protoderma* paraît être sous son état thalleux une sorte de talon de Chétophoracée dont les zoospores sont à deux cils. Il s'agit très probablement d'états palmelloïdes, de *Stigeoclonium* déjà décrits par Cienkowski et qui produisent des gamètes à deux cils. Nous avons souvent observé ces états très variés qui ne peuvent être rapportés qu'à ce genre très polymorphe (voy. l. c., Tab. XXIII). Les thalles représentés par Borzi, les gamétanges, les chromatophores pariétaux, tout concorde à faire croire que son Protoderma n'est qu'un talon (Sohle) de *Stigeoclonium*. Mais quelle que soit cette plante problématique, il est

[1] Chodat, *Algues vertes de la Suisse*, p. 261.
[2] Borzi, *Studi algol.*, II, p. 276 ss.

absolument improbable que ce Protée puisse donner naissance au *Botryococcus Braunii* (*l. c.*, p. 251). Cette Algue[1] a des cellules en forme de clous à chromatophore basilaire dépourvu de pyrénoïde, elle ne forme jamais d'amidon, elle secrète une huile abondante, possède dans chacune de ses cellules deux noyaux, ne produit jamais de zoospores et ne divise ses cellules que longitudinalement. C'est bien à tort qu'un auteur récent en a voulu faire une Tétrasporacée[2]. Les cils qu'il dit avoir observés sont certainement des Bactéries. Tous ces caractères sont si rares chez les autres Algues vertes que quand même nous n'avons pas encore réussi à obtenir des cultures de cette espèce dépourvues de microbes, nous ne voyons aucune raison pour douter de la stricte indépendance de ce type.

Borzi admet donc que les Protococcacées comme le *Nephrocytium Aghardianum,* le *N. Nägelii* sont réellement des états de ce *Protoderma*, il en serait de même de certains *Oocystis, O. ciliata, b. amphitricha, Scenedesmus quadricauda, S. denticulatus, S. Hystrix, S. aculeolatus, Raphidium polymorphum.*

Borzi ayant laissé sa culture pendant longtemps en ajoutant de temps à autre de l'eau, il a vu, dit-il, apparaître l'*Oocystis ciliata (= Chodatella ciliata)* puis le *Scenedesmus quadricauda.* Il admet que le premier produit le second par un procès de multiplication végétative, il ajoute « Non sarà mai souperfluo lo insistere su questo principio che, seconde me, è la base della doctrina di Polymorphismo delle Alghe verdi, il principio, vale a

[1] Chodat, *Sur la biologie et la structure de deux Algues pélagiques,* Journ. de botanique, 1896, p. 2.
[2] Carlson.

dire che talune fasi di svolgimento, date particolari condizioni ambienti, sono suscettive di perpetuarsi e conservarsi indefinitamente per via agamica o per semplice processo di scissiparità. Con una certa sicurezza si puo affermare che un ambiente povero di principii minerali o escauriti per qualsivolia ragione chimica, ricco perciò di materie organiche, è un ostacolo alla regolare succesion delle varie fasi che caratteriszano la normale esistenza di una data forma. L'immenso potere di adattamento che simili organismi possiedono, ci spiega il perchè le nuove generazioni si conservano tenacemente e ci si svelano mediante caratteri propri ed una certa apparente indipendenza. »

Ainsi donc Borzi admet que selon certaines circonstances mal définies et en vertu d'un immense pouvoir d'adaptation, des formes qui se sont multipliées par voie agame peuvent, par un phénomène de simple scissiparité, conserver et multiplier ces stades auxquels il donne le nom d'« Anamorphes » (*l. c.*, p. 279).

A propos de *Chloroclonium* il répète ce qu'il a déjà annoncé au sujet de *Prasiola crispa :* des formes Raphidium résulteraient de la fusion congénitale de zoospores.

Ainsi soit Hansgirg, soit Borzi admettent que sinon toutes, du moins un grand nombre de Chlorophycées unicellulaires ne sont que des stades d'Algues filamenteuses. Borzi admet même que selon les circonstances *Scenedesmus obliquus* peut produire des zoospores. Le Révérend Wolle l'auteur de « Freshwater algæ of the United States » s'exprime ainsi : « It is now clearly evident that all those so called unicellular plants constitute nothing more or less than conditions in the plant life of higher forms. »

Nous ne voulons tout d'abord examiner que ce qui concerne les deux genres particulièrement incriminés *Raphidium* et *Scenedesmus*.

Chodat et Malinesco ont dans un travail de début décrit le développement du *Scenedesmus acutus* qui selon les circonstances apparaît comme cellules isolées ou comme cénobes quadri ou octocellulaires, soit sous forme de cellules arrondies qui rappellent les *Pleurococcus* des auteurs anciens (au sens d'Artari : *Pleurococcus regularis* etc.) ou qui rappellent enfin les cellules du *Raphidium minutum;* mais les auteurs insistent surtout sur le fait que le *Scenedesmus acutus* peut passer à un stade *Dactylococcus infusionum,* tel qu'il a été décrit par Nägeli (*l. c.,* p. 85, Tab. III). Plus tard Chodat a décrit des formes abérantes du *Raphidium Braunii;* il a montré que cette Algue peut se présenter sous divers aspects : cellules arrondies, protococcoïdes, cellules sporifères, formes anormales irrégulières, etc. [1].

Déjà précédemment Beijerinck avait décrit pour le *Scenedesmus acutus* des formes arrondies productrices de spores [2]. Ce sont les mêmes stades décrits par Chodat et Malinesco [3]. Mais ces auteurs tout en admettant le polymorphisme du *Scenedesmus acutus* et la possibilité qu'il présente de ressembler à ces divers stades tantôt au *Raphidium minutum* tantôt à un *Chlorella,* reconnaissent qu'il ne s'agit là que d'un phénomène de convergence. Quant au stade *Dactylococcus infusionum* ils l'identifient avec le stade décrit pour *Scenedesmus acu-*

[1] *Matériaux pour servir à l'histoire des Protococcoïdées,* I, Bull. Herb. Boiss., II, pl. 26 ; III, p. 110, et I, Pl. 28.
[2] *Loc cit,* Bot. Zeit., Tab. fig. VII, 1890.
[3] *Loc. cit.,* Bull. Herb. Boiss., Pl. VIII, fig. 2-3.

tus. Chodat peut donc être rangé parmi ceux qui défendent un certain polymorphisme.

Mais comme le dit Klebs : « Chodat geht in seinen polymorphistischen Ideen sehr viel weniger weit als Borzi und drückt sich weniger klar aus. Er behauptet nur dass eine Alge, wie ein *Raphidium* sehr variere, so dass sie sich bald wie *Scenedesmus,* bald wie ein *Protococcus,* oder ein *Characium, Dactylococcus, Sciadium* verhalte. Der *Scenedesmus* verhält sich unter Umständen wie ein *Dactylococcus,* dieser wie jener. Trotz aller Uebergänge, trotz des Schwankens aller ihrer Charactere und des Verschwimmens aller Grenzen nimmt Chodat eine gewisse Selbständigkeit der Formen. Nur lässt sich aus seinen Angaben nicht ersehen ob diese Variationen der Niederen Algen aufbestimmte Einwirkungen äusserer Bedingungen beruhen oder vielmehr konstanten Variätäten oder Rassen angehören. »

Senn a aussi étudié le *Scenedesmus acutus*[1]. Parlant de ce travail Oltmans s'exprime ainsi : « *Nephrocytium* führt hinüber zu *Scenedesmus* einer Gattung die in der Lehre vom Polymorphismus eine Rolle gespielt hat, denn von Meyen bis auf Chodat sind ihm allerlei Formen angedichtet worden die ihm nicht zugehören. Erst durch die Arbeiten von Beijerinck und Senn sind die Dinge geklärt worden, und mit diesen beiden Autoren stimmt auch Chodats Schüler Grintzesco in den wesentlichen Punkten überein ; er hält nur Chodat's Angabe aufrecht (wohl mit Recht) wonach *Dactylococcus*-ähnliche Formen in den Entwicklungskreis des *Scenedesmus* hineingehören. »

Il nous faut citer encore. Après avoir donné l'histoire

[1] Bot. Zeit., Bd. LVII, p. 90, Tab. fig. 23-25.

du développement du *Scenedesmus* telle qu'elle résulte des travaux de Chodat et non pas de Senn comme le croit Oltmans, il ajoute :

« Trotz der abweichenden Umrisse lässt sich der Zellenbau der Scenedesmen auf *Chlorella* zurückzuführen.... es lässt sich in der Kultur, wie Beijerinck, Senn und Grintzesco nachweisen, *Chlorella* ähnliche Zellen erzeugen. ...Dieser Forscher erhielt ausserdem in Kultur ganz abenteuerliche Zellformen, die sicher abnorm sind. Mit einem Polymorphismus der Alge haben sie nichts zu tun... »

Tous ces phénomènes d'involution avaient déjà été décrits par Chodat et Malinesco. Ce sont ceux que ne veut pas admettre Klebs. Décrits par Chodat c'est un polymorphisme dangereux pour la foi orthodoxe, reproduits par Senn et Grintzesco qui évitent d'employer le terme cela devient acceptable. Ce n'est pas là une des moindres joyeusetés dans l'histoire du polymorphisme si fertile pourtant en idées burlesques.

Ainsi Oltmans qui certainement n'a pas lu le travail de Chodat ou l'a oublié au moment où il rédigeait ses lignes, confirme sans s'en douter, dans l'appréciation des travaux subséquents les constatations de Chodat que *Scenedesmus acutus* peut apparaître 1° sous la forme habituelle à quatre cellules; 2° sous la forme de cellules isolées qui ressemblent à un *Raphidium ;* 3° sous la forme de cellules arrondies qui produisent des spores arrondies ; 4° sous la forme bien connue du *Dactylococcus infusionum,* en chaînette.

Grintzesco a confirmé presque complètement ces recherches, mais il a en outre décrit des formes anormales[1].

[1] *Scenedesmus,* p. 271-285, fig. 3 et 6 et table III, fig. 1-19.

Dans ces recherches il n'obtenait, à partir de cellules protococcoïdes ou chlorelloïdes, que des spores au nombre de quatre. Mais on sait que Beijerinck avait réalisé déjà dans ses cultures une sporulation plus avancée.

Maintenant il nous sera bien permis de demander : Une Algue qui peut prendre tant de formes diverses est-elle ou n'est-elle pas polymorphe ? Que l'on examine la série des figures acceptées par Oltmans comme représentant des stades évolutifs du *Scenedesmus acutus* (*l. c.*, p. 185). Quel est le botaniste, non prévenu, qui reconnaîtrait comme appartenant à la même espèce les stades 12 et 8. Oltmans, parlant des chaînes *Dactylococcus,* dit de leur formation : « Das wäre an sich kaum bedeutungsvoll ».

Plus loin faisant allusion aux termes de Polymorphie il dit à propos de cette espèce : « Ob man überhaupt von einem solchen reden kann ist nun zweifelhaft. Die Kugelzellen bedeuten einen Rückschlag (c'est ce qu'avait déjà dit Chodat [1]), wie es besonders bei Algen häufig ist, das *Dactylococcus*STADIUM ist meiner Meinung nach eine gewisse Wachstummodification. »

Nous ne pouvons pas très bien saisir la finesse du raisonnement. Une modification de croissance doit avoir une cause comme d'ailleurs les retours ataviques auxquels on commence à ne plus croire, préférant chercher les causes de toutes les modifications de croissance dans le milieu tant interne qu'externe. La classification adoptée par Oltmans ne nous paraît donc pas sérieuse.

Très probablement dans l'idée d'Oltmans le terme de polymorphisme est pris au sens strict d'alternance de

[1] *Loc. cit.*, Ann. of Bot., Vol. XI, p. 97.

générations comme cela est chez les Urédinées, c'est pourquoi il ne voit, dans la plasticité du *Scenedesmus acutus,* que l'expression d'une tératologie ou de morphoses sans importance pour l'histoire de l'espèce. Voyons maintenant ce que vont nous fournir, en fait de résultats pour ou contre les idées émises par les auteurs, les cultures pures de diverses espèces de Protococcacées et plus particulièrement de Scénedesmées.

Scenedesmus acutus Meyen.

(Pl. VIII.)

Nous avons étudié le *Scenedesmus acutus* depuis plus de dix ans et nous l'avons pour ces études trié de diverses provenances : Lac de Genève (bords), eaux minérales infectées spontanément, eaux de marécages (Lossy, Pinchat, etc.). Nous lui avons toujours trouvé un pléomorphisme remarquable, mais nous devons dire dès le début qu'il en est certainement ici, ainsi que nous le montrerons pour les *Chlorella,* les *Stichococcus,* etc. et comme Artari semble l'avoir montré pour le *Scenedesmus caudatus,* des races particulières qui sont plus ou moins variables et qui dans les mêmes milieux et exposées aux mêmes conditions de lumière, de température et d'humidité manifestent un polymorphisme inégal. Nos travaux sur la délimitation à faire entre les espèces élémentaires (au sens de Hugo de Vries) ne sont pas encore terminés, mais dès maintenant nous pouvons affirmer que toutes les races étudiées (5) se comportent en ce qu'il y a d'essentiel comme le *Scenedesmus acutus* décrit par Chodat et Malinesco.

Ce n'est pas ici le lieu de faire une description du mode

de formation de tous les stades (Pl. VIII), il suffit de remarquer que dans les cultures sur Agar, glucosées 2 % ou glycérinées, sur gélatine glucosée, sur gélatine additionnée d'extrait de levure, soit sur tous les milieux organiques le polymorphisme est augmenté. Il s'agit évidemment ici d'un polymorphisme œcogénique ; ce serait intéressant de déterminer pour chaque forme les conditions déterminantes. Mais nous devons tout de suite avertir le lecteur que la majeure partie des formes obtenues sont accidentelles, c'est-à-dire qu'elles résultent d'un inégal accroissement produit par une germination hâtive des autospores à l'intérieur de la cellule mère. En effet, si cette dernière ne s'ouvre pas de bonne heure pour laisser sortir les cellules filles; ces dernières se divisent à leur tour et chaque produit de la division gêné par les voisins prendra au cours de sa croissance les formes les plus variées (Pl. VIII, c, fig. 1-18). Or, toutes ces formes naissent dans un même milieu et sous l'influence de conditions égales en ce qui concerne les facteurs lumière, température et humidité. Ce sont donc, on pourrait le dire, des causes exclusivement locales qui déterminent ces formes d'involution. Il faut en outre retenir que, sur les milieux solides, les conditions ne sont pas les mêmes au contact de la gélose et au contact de l'air, au centre de la colonie et sur ses bords, dans la profondeur de la gelée ou à la surface. Parfois, en outre, la division reste incomplète, il y a en quelque sorte des fusions congénitales (Table VIII, C, 1-18 ; D 18 = forme monstrueuse qui rappelle un Polyedrium).

Nos conclusions sont donc que le *Scenedesmus acutus* est l'une des Chlorophycées les plus polymorphes et que ce polymorphisme est œcogénique ; à côté de ce poly-

morphisme œcogénique il faut reconnaître dans la disposition en chaînette *Dactylococcus* ou en cellules isolées ce que nous appellerions volontiers un polymorphisme accidentel (Pl. VIII, F, fig. 5 et 2), car sur le nombre des cellules qui sont émises par quatre ou par huit hors de la cellule mère, il en est qui restent adhérentes par le ciment pectosique, d'autres par la dissolution de ce ciment sont libérées ou, lorsque ce ciment devient muqueux, restent irrégulièrement attachées les unes aux autres en chaînettes simples ou ramifiées. Ceci n'est certainement pas un polymorphisme œcogénique comme celui de la plupart des Algues inférieures *(Pleurococcus vulgaris, Heterococcus viridis)*. Dans les *Schizogonium* nous avons un polymorphisme ergatogénique ; car la production des spores et des gamètes n'a jamais eu lieu dans la forme filamenteuse, ils n'apparaissent que dans le stade unicellulaire *Cystococcus*.

Comme parmi les formes du *Scenedesmus acutus* il en est qui rappellent : 1° des *Chlorella* (Pl. VIII, B, 4, 5, fig. 10, 12) ; 2° le *Rhaphidium minutum* (Pl. VIII, A, 15) ; 3° des *Polyedrium* (Pl. VIII, 15-18, 18) ; 4° le *Dactylococcus bicaudatus* (Pl. VII, C ; fig. 13) ; 5° le *Rhaphidium Braunii* (Pl. VIII, C, fig. 12, D, fig. 1, 2) ; 6° des *Oocystis* (Pl. VIII, A, fig. 18-20 ; B, fig. 6, 12, F, 11) etc. Il sera bon de se rappeler que ce n'est que par la connaissance du développement d'une de ces petites formes unicellulaires que nous pourrons arriver à la classer avec sûreté. Sans doute l'algologue qui est à la fois expérimenté en cultures pures et par l'observation directe dans la nature, évitera de créer sur des matériaux insuffisants de nouveaux genres et de nouvelles espèces. Mais ne faut-il pas déplorer la facilité avec laquelle certains algologues mo-

dernes, d'ailleurs très zélés, fabriquent de nouvelles espèces sans en avoir étudié l'évolution ontogénique.

Raphidium Braunii Näg.

(Pl. IX et Pl. X, A.)

Cette espèce possède un polymorphisme œcogénique tout aussi remarquable que la précédente, nous ne pouvons que confirmer ce que Chodat en a dit dans ses travaux[1]. Par contre l'indépendance de cette forme est certaine ; ce n'est certainement pas une réunion de zoospores comme le veut Borzi ni un *Scenedesmus* à cellules isolées. En effet, malgré l'excessive variabilité, jamais cette espèce ne fournit dans les cultures liquides, des cénobes du type *Scenedesmus* ni du type *Dactylococcus infusionum*. En outre dans ce *Raphidium* le pyrénoïde fait toujours défaut, alors qu'il est présent dans le *Scenedesmus acutus* et dans tous les *Scenedesmus*.

Le développement de cette espèce a été étudié en partie par Artari, mais cet auteur n'a pas su voir que la membrane de la cellule mère persiste autour des produits de la division. C'est Chodat qui en a donné l'histoire détaillée et a décrit la formation des autospores fusiformes[2]. Nous avons vu plus haut que Borzi admet comme prouvé que ce *Raphidium* résulte de la fusion congénitale de deux zoospores. Chodat a décrit[3] les différents arrangements que peuvent présenter les cellules de cette espèce quand elles restent normales. Tantôt par gélification de

[1] Bull. Herb. Boiss., I, p. 642, Pl. 28 etc. et *Algues vertes*, p. 169, Ibid., III, p. 110.

[2] *Matériaux*, *loc. cit.*, pl. 26.

[3] *Matériaux*, *loc. cit.*, II, pl. 26 et *Algues vertes*, p. 168 et 198.

la membrane entourante, les cellules allongées dans la cellule mère divergent en faisceaux dont les éléments sont reliés au centre ou en pinceau lorsque le groupe de cellules sort par le sommet de la cellule mère. Il se peut que ce dernier arrangement se répète plusieurs fois, lorsque la membrane de la cellule mère s'est attachée à une autre Algue ; il se produit alors de curieux arbuscules, mais le caractère des cellules reste le même[1].

Nous avons repris cette étude du *Raphidium* en culture pure et nos résultats sont conformes à ceux publiés par Chodat. Dans une seconde étude sur le *Raphidium Braunii,* Chodat décrit la formation non plus d'autospores fusiformes, mais de spores arrondies qui peuvent naître aux dépens de cellules fusiformes et ces cellules spores qui grossissent se multiplient par spores simulant par conséquent un *Chlorella*. Par cette démonstration Chodat mettait fin à la classification de Wille selon laquelle les Pleurococcacées se multiplieraient par scissiparité. On pouvait voir dans le travail de C. tous les passages entre les spores arrondies, les spores elliptiques et les autospores fusiformes. Enfin, dans un autre travail paru dans la même Revue, Chodat décrivait un polymorphisme des plus curieux amenant la production de formes bizarres, ramifiées, découpées, arrondies, monstrueuses. Ce sont là des faits qui ont valu à Chodat les critiques de Klebs, lequel place Chodat, il est vrai, à un rang inférieur parmi les polymorphistes, mais qui cependant met en doute la réalité des observations faites par cet auteur. Klebs suppose que les résultats de Chodat sont dus à l'introduction d'impuretés. Il oublie que dans ses cultures à

[1] *Algues vertes,* p. 167.

lui, les Bactéries n'étant pas absentes, il est mal placé pour faire la leçon aux autres et qu'on peut supposer également que dans ses propres cultures d'autres organismes pourraient être présents. Cependant cet auteur pense sa méthode suffisante pour la résolution des problèmes qu'il s'est posé. Nous allons voir que Klebs a mal jugé les travaux de Chodat par crainte du polymorphisme. C'est encore chez lui une question de sentiment.

Nous avons trié et cultivé le *Raphidium Braunii* sur différents milieux tant liquides que solides, cette espèce croît assez mal sur la gélatine, beaucoup mieux sur gélose (Agar), sur les milieux sucrés, elle se développe abondamment mais craint les milieux peptonisés. Outre les formes déjà décrites par Chodat, nous avons sur Agar sans sucre au bout de quelques semaines obtenu un polymorphisme qui se traduit très inégalement (Table IX, A. B. et X, A.) par des cellules fusiformes normales, des cellules plus elliptiques et finalement arrondies. D'autres prennent un accroissement excessif et divisant leur contenu à l'intérieur de la cellule mère résistante, produisent de faux parenchymes ; la multiplication se fait d'ailleurs très inégalement, une partie du plasma peut rester indivise alors qu'à l'autre bout de la cellule les cellules filles se sont déjà arrondies (Pl. IX, A. 15, 16, 17, B. 23). Des stades parenchymateux semblables ont été décrits par Tanner Füllemann sous le nom de *Raphidium Chodatii* pour un *Raphidium* à pyrénoïde, espèce distincte[1]. Il ne s'agit pas ici d'un cloisonnement, car les cellules mères s'ouvriront et laisseront sortir les spores

[1] Bull. Herb. Boiss., IIme Série, 1906, p. 157.

anguleuses. Cette forme apparaît donc normalement dans le Plancton d'un Lac suisse (Schönenbodensee).

Ainsi tombent les objections qui ont été élevées contre le polymorphisme du *Raphidium Braunii ;* cette espèce malgré sa grande variabilité « trotz Verschwimmens aller Grenzen, trotz aller Übergänge zwischen den niederen Algen (Klebs) » se maintient constante, c'est-à-dire que transportée dans un liquide, elle reprend ses formes habituelles et se laisse facilement définir vis-à-vis d'espèces voisines ; jamais au cours de son développement elle ne présente de pyrénoïde, son chromatophore est toujours en plaque pariétale, un peu échancrée au milieu et, ramenée dans une solution nutritive très diluée, elle reprend la forme en fuseau un peu épais qui lui est assignée par les diagnoses spécifiques. Ce polymorphisme n'indique en effet nullement la tendance à passer à une autre Protococcacée, quand même dans les conditions indiquées elle prend des apparences chlorelloïdes ce n'est là qu'un phénomène de convergence ou peut-être de retour atavique. Ces productions, même si on ne veut y voir que des morphoses tératologiques deviennent intéressantes en ce qu'elles nous montrent que ces plantes fusiformes sont construites sur le même plan que les *Chlorella,* c'est-à-dire les Protococcacées typiques. Mais il y a plus, malgré cette grande variabilité, le Raphidium Braunii reste distinct du *Raphidium polymorphum* et du *Raphidium minutum.*

Raphidium polymorphum Fresen.

(fasciculatum Kütz).

(Pl. X, B. C. D.)

Cette espèce peut être distinguée de la précédente par ses cellules habituellement plus étroites, le plus souvent courbées en faucille et longuement acuminées. Souvent les faisceaux de cellules s'enroulent en spirales. L'examen de nos cultures ne laisse aucun doute sur ce point que toutes les formes ou variétés décrites par les auteurs peuvent être obtenues dans une même culture :

A. *aciculare* = R. aciculare A. Br. ;

B. *fasciculatum* = R. fasciculatum Kütz. ;

C. *radiatum ;* Chod.

D. *spirale* = R. spirale Turner [1].

Chodat ne savait pas, en 1902 [2], si ces deux espèces étaient réellement distinctes, nos cultures ne laissent aucun doute sur ce sujet. Le *Raphidium Braunii* prend mal sur la gélatine, l'autre espèce réussit beaucoup mieux sur ce même milieu.

Raphidium minutum Näg.

(Pl. VII, fig. E.)

Ce *Raphidium* pourrait être confondu avec le *Kirchneriella lunaris,* mais il n'a jamais de pyrénoïde. Il peut être aussi confondu parfois avec de petites cellules du *Raphidium Braunii* ou avec certaines cellules du *Scenedesmus acutus* (Tab. VII, fig. E., 12, 10, 8). Mais quelle que soit cette

[1] Chodat, *Algues vertes,* fig. 115.

[2] Ibid., p. 199.

ressemblance extérieure à certains moments on ne peut la confondre avec les *Scenedesmus* et les *Kirchneriella* à cause de l'absence du pyrénoïde. En outre, dans les mêmes conditions où le *Scenedesmus acutus* produit des cénobes (Agar simple, eau) le *Raphidium minutum* garde ses cellules isolées. Il ne s'allonge jamais comme des *Raphidium* décrits. Mais dans son développement et le mode de sporulation il rappelle si fort le *Kirchneriella lunaris* qu'on est en droit de se demander si le *Raphidium* n'est pas seulement une espèce de ce genre dépourvue de pyrénoïde. Nous avons figuré (tab. VII., fig. E.) les variations de cette plante, mais comme on le voit elle est relativement peu polymorphe.

Scenedesmus quadricauda Bréb.

(Pl. XI et XII.)

Borzi a prétendu que cette espèce n'est qu'un stade anamorphe du *Protoderma viride* et qu'elle dériverait de cette espèce par l'intermédiaire d'un stade *Oocystis ciliata*[1]. Chodat a décrit des stades variés de cette espèce; mais il nous paraît qu'il doit y avoir eu mélange d'espèces ou confusion dans les figures, car une partie des stades figurés correspond exactement à ce que l'on obtient à partir du *Scenedesmus acutus*. Quant aux états palmelloïdes décrits par cet auteur, nous n'avons réussi à les obtenir ni à partir de l'une ni à partir de l'autre des espèces de *Scenedesmus*. Sur ce point les affirmations de cet auteur sont donc douteuses. Nous allons voir cependant que *Scenedesmus quadricauda* manifeste un polymorphisme assez

[1] Chodat, *Histoire*, p. 603, tab. 35, fig. 27-37.

étendu, mais il s'agit ici bien plus de malformations ou d'excessif développement que d'un polymorphisme proprement dit. Le nombre des cellules et l'arrangement de ces dernières en un cénobe varie beaucoup ; il en est de même de la position des piquants. Si nous ne pouvons confirmer les indications relatives aux états *Dactylococcus* ou palmelloïdes nous pouvons par contre confirmer la production de spores proprement dites ainsi que la production d'hypnocystes géantes (Agar sucré) (Pl. XII, B.) ; dans les milieux gélatinisés on rencontre beaucoup de cellules isolées à membranes épaissies et très peu de cénobes normaux. Ce sont là évidemment des formes d'involution. Nous cultivons cette espèce depuis plus de 5 années et jamais nous ne l'avons vu passer à d'autres espèces de *Scenedesmus*. Nous avons retrouvé les formes figurées par Senn[1], mais il nous faut insister sur ce point que jamais on ne trouve comme cet auteur le veut les spores isolées dans la cellule mère comme des pièces de monnaie dans un porte-monnaie. De même que le *Scenedesmus acutus* ne produit jamais de piquants malgré son polymorphisme excessif, le *Scenedesmus quadricauda* ne nous a jamais donné d'états *Dactylococcus infusionum*. Cette espèce ne liquéfie pas non plus la gélatine. Ses cellules ne portent non plus jamais des arêtes longitudinales ni des aculéoles comme le *Scenedesmus Hystrix*.

Nous avons isolé d'une mare de montagne (Grange-Gaby) une autre race de *Scenedesmus acutus* qui liquéfie activement la gélatine. En outre, pour les mêmes cultures, les cellules sont plus petites et les cellules limites ont leur pôle à l'insertion des piquants toujours arrondis.

[1] Bot. Zeit., 1898, p. 37.

On est donc ici en présence de deux races ou espèces élémentaires. Nous rappelons qu'Artari a déjà dans ses cultures observé deux races de *Scenedesmus caudatus*. (Pl. XII, A.) On peut s'attendre en effet que par la suite on trouvera, se groupant autour de chaque espèce linéenne, un nombre considérable d'espèces élémentaires comme cela a eu lieu lorsque par la méthode de Hansen à partir d'une seule cellule on est arrivé à réaliser des cultures pures de levures qui sont réellement des lignées pures. Ce sera le rôle principal de l'algologie moderne.

Scenedesmus obtusus Meyen.

(Pl. VII, F ; Pl. XIII, C.)

Nous rangeons provisoirement sous ce nom un *Scenedesmus* que nous avons cultivé depuis deux ans et qui tient le milieu entre le *Scenedesmus bijugatus* Turp. et le *Scenedesmus acutus* Mey. Il se pourrait que cette espèce correspondît mieux au *Scenedesmus aculeolatus* de *Reinsch* (ou *S. apiculatus* West). Sa particularité est la facilité avec laquelle elle se résout en cellules isolées, ventrues, ovales, elliptiques, si bien que sur l'Agar sucré on ne retrouve presque plus de cénobe quadricellulaire. Ces colonies ne liquéfient pas la gélatine mais s'enfoncent simplement dans cette dernière. Sur l'Agar sucré il se forme de gros disques vert olive alors que ceux du *Scenedesmus quadricauda* sont cérébroïdes, verruqueux, dans les mêmes conditions. Très souvent on voit au sommet de chaque cellule un ou plusieurs petits boutons d'épaississement qui rappellent ceux de l'espèce de Reinsch. La multiplication qui se fait par une division transversale du contenu, qui passe rapidement à une segmentation oblique

produit d'ordinaire deux cellules. Alors l'Algue n'est pas sans une certaine analogie avec certaines Chlorelles légèrement elliptiques.

Scenedesmus costulatus nobis.

(Pl. XIII, A.-B.)

C'est une espèce voisine de celle que Schmidle a nommée *S. costatus*[1]. Nous n'osons l'identifier parce que nous n'avons pas encore obtenu des états munis de côtes aussi saillantes. C'est aussi une espèce de tourbière. Elle a le chromatophore découpé et présente de faibles côtes sur la membrane, on voit également se former des cénobes plus ou moins sorastroïdes (fig. 6, 11). Les cellules sont plus grosses que dans le *Scenedesmus acutus :* ici 20 m. sur 12 m. en moyenne, dans l'autre 8 m. sur 4 m., 10 m. sur 6 m., le polymorphisme y est aussi moins accentué.

Ainsi malgré que dans certaines espèces, *Scenedesmus acutus* et ses variétés, le polymorphisme soit excessif, le caractère spécifique se maintient cependant; ceci fait que l'on doit certainement admettre que dans ce genre il existe un assez grand nombre d'espèces. Non seulement nous tenons pour vraies la plupart des espèces décrites par les auteurs à partir d'observations dans les milieux naturels, mais nos recherches montrent qu'il existe un plus grand nombre d'espèces se groupant autour des premières et qu'il faudra considérer comme des espèces élémentaires.

[1] Schmidle, *Alpine Algen*, Tab. XIV, f. 5; Chodat, *Algues vertes*, p. 216.

PROTOCOCCACÉES ARRONDIES OU ELLIPTIQUES

Nous avons étudié en culture pure les espèces suivantes qu'il aurait été difficile sinon impossible de distinguer dans la nature. Il s'agit d'Algues unicellulaires plus ou moins arrondies et dont certains états ont été certainement déjà observés dans les milieux naturels. Il est possible que parmi les *Protococcus* et les *Pleurococcus* des systématiciens de l'ancienne école se trouvent déjà nommées l'une ou l'autre des plantes dont il va être question. Mais bien habile serait celui qui pourrait sur la foi d'une simple description identifier des plantes de ce groupe; on peut cependant les diviser en deux catégories par la présence ou l'absence d'un pyrénoïde. (Pl. XIV-XVII).

A. *Avec pyrénoïde.*

Chlorella vulgaris Beijr. (Pl. XIV, F.)
Chlorella genevensis nob. (Ibid., A. B.)
Chlorella lacustris nob. (Pl. XV, K.)
Chlorella cœlastroïdes nob. (Pl. XIV, D. et E.)
Chlorella rubescens nob. (Pl. XV, G. H.)

B. *Sans pyrénoïde.*

Palmellococcus variegatus (Beijr.) nob. (Ibid., M.)
» *protothecoïdes* (Krüger) nob. (Ibid., I., J., N.)
» *saccharophilus* (Krüger) nob. (Ibid., L.)
Oocystis Nägelii A. Br. (Ibid., O.)
Coccomyxa lacustris nob. (Pl. XVII, E.)
» *Solorinæ* nob. (Ibid., R. Pl. XIX, H.)

Il nous a paru utile de séparer en deux genres les

Chlorella selon la présence ou l'absence de pyrénoïde. Selon toute probabilité le nombre des espèces de ce groupe est considérable. Il est donc avantageux pour établir de la clarté de se servir d'un caractère facile à saisir, comme la présence ou l'absence d'un pyrénoïde. La différence entre les *Palmellococcus* (Chod.) et les *Oocystis* est un peu arbitraire. On placera dans le genre *Oocystis* les Protococcacées à cellules inermes produisant ordinairement des autospores et dont la cellule est ordinairement elliptique tandis que, habituellement, celle des *Palmellococcus* est arrondie. On ne voit pas toujours le pyrénoïde, surtout si les cellules sont gorgées d'huile ou de graisse. Il faut, pour bien étudier le pyrénoïde, cultiver ces algues sur un milieu Agarisé sans glucose ou additionné d'un sucre tel que le galactose ; l'addition de glucose amène rapidement une décoloration et favorise l'accumulation de la graisse. L'addition de peptone maintient la couleur verte dans presque tous les cas. Comme la grosseur de ces différentes Algues varie beaucoup, que le pyrénoïde peut être masqué et que la couleur varie dans chaque espèce du vert foncé au vert clair, selon les circonstances, il est bien évident qu'on ne saurait les reconnaître les unes des autres en mélange. Nous avons représenté dans la planche XVIII ces diverses Algues dessinées exactement à la chambre claire de manière à faire comprendre combien serait vaine la prétention du systématicien de donner un nom adéquat aux formes spécifiquement distinctes mais qui morphologiquement paraissent confluantes. Dans les cultures elles se comportent très différemment : *Palmellococcus variegatus* se reconnaît à ses disques panachés alors que sur les mêmes milieux *P. protothecoïdes* reste d'un vert gai ; *Chlorella vulgaris*

forme sur Agar sucré des disques vert franc ; *C. cœlastroïdes* des disques vert olive ; *C. rubescens* des disques rouge brique, tandis que le *Cœlastrum microporum* reste vert foncé. Morphologiquement *Chlorella cœlastroïdes* et *C. rubescens* sont très semblables, mais la première a son protoplasma bourré de fines gouttelettes d'huile, tandis que la seconde ne possède pas ce caractère. En outre la première liquéfie activement l'empois d'amidon (ferment amylolytique) tandis que l'autre le laisse à peu près inaltéré ; comme on le voit ces deux Algues si semblables peuvent être distinguées très nettement par leurs propriétés physiologiques.

Le *Palmellococcus variegatus* réussit assez mal sur Agar sucré ; sur Agar sans sucre il se décolore complètement tandis que l'addition de peptone lui restitue sa coloration verte. Le *P. protothecoïdes* ne se décolore pas complètement sur l'Agar ; dans la profondeur il reste vert.

Le *Chlorella genevensis* sur Agar sucré devient vert pomme ; ses colonies en disques étalés sont brillantes. Quant au *Chlorella lacustris* il prend à la longue sur les milieux glucosés une teinte jaune canari en formant de larges colonies grossièrement ridées et non brillantes. La membrane des cellules peut s'épaissir alors en développant des villosités pectosiques et cellulosiques (colorabilité avec Bleu de méthylène ou Rouge-Congo) sa teinte sur ces milieux est presque toujours identique à celle que prend dans les mêmes conditions l'*Oocystis Nägelii,* mais les cellules de cette dernière et leurs membranes sont bien différentes.

Quant au *Coccomyxa Solorinæ* il reste vert très foncé sur l'Agar sucré ce qui arrive rarement aux autres Protococcacées ; l'autre espèce *C. lacustris* se maintient égale-

ment vert mais le chromatophore et le polymorphisme sont considérables. Ces *Coccomyxa* rappellent un peu le *Glœocystis Nägeliana* Artari, mais l'identification n'est pas permise car nos Algues sont dépourvues de pyrénoïde. Nous ne pourrions dire si nos espèces sont identiques aux *Coccomyxa* décrits par Schmidle (incl. *Dactylococcus natans* Chod.). Ce sont des espèces qui dans la nature sont suspendues dans un mucus que nous n'avons pu jusqu'ici reproduire. Il se pourrait aussi que notre *Chlorella cœlastroïdes* correspondît aux *Pleurococcus regularis* d'Artari, mais cet auteur n'ayant pas donné de description de culture pure, la comparaison est impossible, d'autant plus que nous savons maintenant qu'il y a une seconde espèce de même apparence, le *Chlorella rubescens,* dont on ne saurait la séparer avec certitude par des caractères morphologiques.

On peut se demander alors quelle est la différence entre ces *Chlorella* parfois agrégés en cénobes et les *Cœlastrum,* en particulier le *Cœlastrum microporum* (Pl. XIII, C.), ce n'est qu'une question de degré, dans ce dernier genre la formation des cénobes est habituelle, dans les *Chlorella* elle est accidentelle.

Coccomyxa Solorinæ nob.

(Pl. XVII, R.; Pl. XIX, H.)

Nous rattachons au genre *Coccomyxa* Schmidle l'espèce dont il va être question et que nous avions tout d'abord prise pour un *Stichococcus*. Isolée tout d'abord des lichens du genre Solorina nous l'avons également triée à partir de l'eau croupissante des bords du lac de Genève. Cette Algue est extrêmement peu polymorphe

car depuis bien des années, nous l'avons suivie de culture en culture sans avoir pu apercevoir des changements de forme importants. Les cellules sont oblongues-elliptiques, courtement atténuées aux deux extrémités, ordinairement droites ; le chromatophore est pariétal sans pyrénoïde. La longueur des cellules sur Agar est de 7 à 7,5 μ., l'épaisseur de 2 à 3 μ. On trouve aussi parfois des cellules de plus de 4 μ. de diamètre, la multiplication est celle d'une Protococcacée voisine de Raphidium ; le plan de segmentation du contenu est tout d'abord transversal puis il devient oblique et les deux cellules filles sont libérées par l'évanescence de la membrane. Nous avons déjà dit qu'il faut rattacher à ce genre le *Dactylococcus lacustris* et peut-être aussi le *Chlorella acuminata* de Gerneck[1]. Le *Coccomyxa dispar* décrit par Schmidle est plus gros, 6 à 14 μ. sur 3 à 6 μ.

Voici donc une Algue unicellulaire tout aussi stable que les autres qui croît sur les milieux les plus divers avec facilité et qui n'exhibe presque aucun polymorphisme, il est évident que cette Algue ne saurait être rapprochée des *Stichococcus* qui sont des Algues filamenteuses tandis qu'elle appartient sans contredit au groupe des Scenedesmées parmi les Protococcacées. Depuis 10 ans elle n'a pas varié, on ne pourrait donc la considérer comme un état d'une autre Algue, c'est bien un type spécifiquement distinct.

Coccomyxa lacustris nob.

(Pl. XVII, P.)

Les cellules sont généralement plus trapues dans cette espèce que dans l'autre ; la membrane y est souvent

[1] *Zur Kenntnis nied. Chlorophyc.*, l. c., Tab. XI, fig. 37-44.

moins évanescente, ce qui facilite la formation de spores arrondis que nous n'avons jamais constatée dans l'autre espèce. Le chromatophore y est plus large et souvent replié sur lui-même obliquement, les cellules sont un peu plus grosses 9 à 12 μ. 3 à 4 μ., la multiplication s'y fait comme chez l'espèce précédente, mais comme la membrane est plus persistante, la division peut se répéter et donner naissance à quelques spores. Le chromatophore étant large et replié on a parfois l'impression qu'il y a deux chromatophores. Tandis que chez l'autre espèce les cellules restent ordinairement droites, chez celles-ci elles s'incurvent, deviennent bizarres, s'arrondissent parfois, en d'autres mots présentent un polymorphisme accentué.

Il est compréhensible que dans la nature lorsqu'on aurait un mélange de *Stichococcus bacillaris* ou d'autres espèces et de *Coccomyxa Solorinæ, C. lacustris* ou des cellules de *Palmellococcus* dont les spores sont souvent un peu ellipsoïdes, ou peut-être aussi des états *Dactylococcus* du *Scenedesmus acutus* (malgré le pyrénoïde qui peut être masqué, soit en culture impure soit en nature, l'observateur serait tenté de prendre pour des stades d'une seule et même espèce des espèces différentes qui se trouveraient accidentellement mélangées. La même confusion pourrait se faire en présence des cellules du *Raphidium minutum* dont les divers aspects pourraient bien se rapporter à ceux des Algues citées. L'algologue imaginatif arriverait facilement à constituer une série idéale qui, figurée, pourrait illustrer une fausse théorie du polymorphisme. On voit combien il est de toute nécessité de n'aborder ces questions qu'à l'aide de cultures absolument pures. Il va sans dire qu'au point de vue physiolo-

gique la nécessité d'éloigner les Bactéries est tout aussi impérieuse. C'est pourquoi le résultat des expériences faites à partir du matériel impur tant au point de vue de la physiologie qu'à celui plus particulier de la morphologie ne peut permettre que des conclusions douteuses ou tout au moins incomplètes, aussi pensons-nous que les travaux physiologiques de Klebs, de Senn, de Benecke, de Molisch (p. p.), de Gerneck, sur les Algues sont à revoir. Matruchot et Molliard ont bien montré la nécessité d'avoir pour expérimenter à sa disposition des cultures absolument pures, voir aussi à ce sujet:

Artari, A. *Zur Frage der physiologischen Rassen einiger Grünalgen,* Bull. d. d. bot. Ges., Bd. XX, p. 172, 1902.
Id. *Zur Ernährungsphysiologie des Grünalgen,* in Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XIX, p. 7.
Id. *Zur Frage über die Wirkung des Mediums auf die Form und die Entwickl. der Algen,* en Russe, Moscou, 1903.
Id. *Der Einfluss der Konzentration der Nährlösung,* Jhb. f. w. Bot., XL, p. 593.
Grintzesco, J. *Recherches expérimentales sur la Physiologie du Scenedesmus acutus Mey.*, Bull. Herb. Boiss., 1902.
Id. *Chlorella vulgaris* Beijr., Revue gén. de Bot., 1903.
Charpentier, P. *Recherches sur la phys. d'une algue verte,* Ann. Inst. Pasteur, Tome XVII, 1903.
Id. *Alimentation azotée d'une algue :* Cystococc. humicola, Ibid., p. 321.
Matruchot et Molliard. *Variation de structure d'une algue verte,* Rev. gén. de bot., Tome XIV, 1902.
Chodat, R. *Conditions du parasitisme chez les Algues,* Bull. Herb. Boiss., 1903, T. III, So. II, 648.
Chodat et Adjaroff. *Culture des Algues,* Arch. des Sc. phys. et nat., série IV, vol. XV, p. 353, 1903.
Adjaroff, M. *Recherches expérimentales sur la physiologie de quelques Algues vertes.* Travaux de l'Inst. bot. Genève, série VI, Tome VII.

Mais ce n'est pas ici le lieu de traiter de ces questions de physiologie à partir des cultures pures.

Le point en litige pour le but que nous poursuivons est le suivant: Faut-il avec Kützing, Hansgirg, Wolle,

Borzi, penser que la majorité sinon la totalité des Algues unicellulaires, ne sont que des états d'Algues supérieures? Nous venons de voir qu'un nombre important de ces Algues unicellulaires sont d'aussi bonnes espèces que telle ou telle des plantes supérieures. Parce qu'il y a un certain nombre d'Algues comme *Schizogonium, Heterococcus,* quelques *Stigeoclonium* qui peuvent donner naissance à des états unicellulaires, lesquels peuvent pendant un temps se multiplier sous cette forme et produire des zoospores, il ne s'ensuit nullement que les autres Algues unicellulaires sont également des états d'Algues supérieures.

Mais, dira-t-on, cette méthode des cultures pures est-elle suffisante? Ne pourrait-on pas admettre au moins comme hypothèse de travail la théorie de Borzi? des états anamorphes, c'est-à-dire cette idée que beaucoup d'Algues quand elles ont produit des stades unicellulaires persistent pendant plusieurs générations sous cette forme, se multipliant agamiquement et végétativement jusqu'à ce que certaine condition étant réalisée elles reviennent à leur état primitif.

Voyons d'abord la valeur de la théorie à la lumière des faits qui pourraient paraître l'étayer. Dans les états unicellulaires des *Pleurococcus Nägelii* Chod., *Pleurococcus vulgaris* Menegh., *Heterococcus viridis* Chod. que nous savons appartenir avec une certitude mathématique aux formes filamenteuses correspondantes, nous constatons toujours, plus ou moins, dans certaines de leurs cellules le pouvoir de se multiplier par un véritable cloisonnement. Par ce terme nous entendons dire que dans la cellule sphérique ou elliptique apparaît une cloison qui s'attache définitivement à la paroi entourante de telle

manière que nous avons deux cellules séparées par une membrane commune. Il se peut que cette membrane se dédouble comme le font les membranes tout d'abord uniques qui séparent les cellules contiguës des cellules d'un jeune parenchyme. Les deux cellules se détachent alors l'une de l'autre emportant chacune une partie de la membrane, de la cellule mère primitive. C'est ce qui a lieu dans la multiplication des cellules d'un filament : en se désarticulant les cellules du filament emportent une partie de la membrane. Or, c'est ce qui n'a jamais lieu dans les véritables Algues dites unicellulaires (Protococcacées). La multiplication s'y fait toujours comme à l'intérieur d'un sporange de Mucorinée ou de Rhodophycée ou d'un zoosporange d'Algue Chlorophycée. Il ne se fait pas à l'intérieur de la cellule mère de véritable cloisonnement : les diaphragmes sont fugaces et les membranes des cellules filles sont sécrétées autour de chaque protoplaste à la façon de la membrane des grains de pollen, c'est-à-dire indépendamment des cloisons plus ou moins évanescentes qui ont traversé la cellule mère. Il y a, comme disaient les anciens botanistes, formation libre de cellules.

Lorsque comme dans les *Scenedesmus* et les *Raphidium* ou les genres voisins il semble y avoir un fractionnement du type *Stichococcus*, c'est que la membrane entourante étant parfois hyaline ou évanescente par gélification on a l'impression d'une scissiparité ; mais il est évident qu'il n'en est rien car soit chez *Scenedesmus* soit chez *Raphidium*, on peut voir les cellules filles (spores) croître dans l'intérieur de la cellule-mère sporange, et, glissant l'une sur l'autre, remplir l'intérieur de la membrane de la cellule mère laquelle leur impose une situation déterminée et même souvent une

forme limitée. D'ailleurs, il est aisé, pour peu qu'on s'en donne la peine, de reconnaître que la membrane a été brisée en deux valves lorsque sortent les spores ou les cénobes hors de la cellule-mère d'un *Scenedesmus*. Chez *Raphidium* ce même phénomène peut souvent être observé lorsque cette membrane de la cellule mère ne disparaît pas par gélification. Cela est encore plus évident dans les genres *Oocystis, Chlorella, Kirchneriella*[1], etc., etc. Toutes ces questions ayant été maintes fois exposées par Chodat, nous ne voyons pas la nécessité de les discuter plus amplement. Mais nous tenons à insister, encore une fois, sur ce fait que les vraies Algues unicellulaires ne présentant jamais de cloisonnement véritable alors que les états unicellulaires protococcoïdes des Algues filamenteuses le font régulièrement, la supposition que les dites Algues unicellulaires seraient des états anamorphes d'Algues filamenteuses ou cloisonnées perd toute vraisemblance.

Sans doute si dans une culture pure de Protococcacées (Scénedesmacées d'Oltmans) on voyait un jour se faire de vrais cloisonnements dans les cellules, notre argumentation tomberait car on aurait alors les deux modes de reproduction. Il faudrait exiger un progrès de plus à la méthode des cultures pures. Je veux parler des cultures à partir d'une cellule unique. Elles ne sont pas d'ailleurs difficiles à réaliser quand on dispose déjà de cultures pures d'Algues sur gélatine. Nous pensons inutile de décrire la méthode généralement adoptée pour les levures d'après Hansen[2], car elle est appliquée dans tous les laboratoires sérieux en ce qui concerne les levures. Pour les Algues cette méthode est souvent inap-

[1] Chodat, *Algues vertes de la Suisse*, p. 157 ss.
[2] Klöcker, *Die Gährungsorganismen*, p. 89.

plicable à cause de la lenteur du développement. Nous avons nous-même réalisé quelques-unes de ces cultures en utilisant des tubes minces élargis à l'une des extrémités et qui correspondent à peu près aux pipettes déjà décrites plus haut. A la gélatine fondue on ajoute une goutte d'une dilution connue de l'Algue déjà purifiée, on secoue par un mouvement de rotation entre les deux mains puis on refroidit rapidement par un jet d'eau. On peut alors immédiatement chercher au microscope un point sur le parcours du tube aminci où se trouve isolée une cellule de l'Algue. Comme le tube effilé a un diamètre faible, on peut l'examiner de tous les côtés et déterminer si la cellule est bien réellement isolée. Cela étant, on marque d'un cercle la région dont la cellule occupe le centre et on attend que la colonie se soit assez développée pour qu'on la voie à l'œil nu. Cette méthode est possible, car la plupart des Algues unicellulaires dans les milieux sucrés se développent aussi en profondeur, en anærobiose relative. Cette colonie étant visible à l'œil nu on coupe le tube avec une lime stérilisée un peu au-dessus de ce niveau, après avoir lavé ce tube pendant une demi-heure dans une solution de sublimé corrosif puis à l'alcool absolu. On peut alors avec un fil de platine très mince stérilisé à la flamme et refroidi, repiquer l'Algue sur un milieu gélatinisé ou agarisé. Une autre méthode tout aussi sûre, consiste dans le triage répété plusieurs fois. Si les triages successifs fournissent toujours les mêmes résultats c'est que la culture ne contenait qu'une seule et même race. Pour étudier les lignées pures, la méthode à partir d'une seule cellule est préférable.

De tout ce qui précède et qui est déduit de cultures pures d'Algues unicellulaires Protococcacées, on peut affir-

mer que le nombre des genres et des espèces reconnus comme autonomes est déjà important. Dans les genres à cellules arrondies ou elliptiques sans sculpture, au moins douze espèces ont été étudiées, elles sont autonomes et par conséquent spécifiquement indépendantes. S'il en est ainsi il devient extrêmement improbable que d'autres genres de Protococcacées soient réellement comme le veulent Hansgirg et Borzi, des états unicellulaires d'Algues supérieures. Les méthodes imparfaites dont se sont servis les algologues descripteurs ont cependant permis, grâce à leur jugement sain, de reconnaître un nombre considérable d'espèces ; celles que nous avons vérifiées en culture pure se sont montrées stables quoique susceptibles de répondre aux conditions incidentes du milieu d'une manière souvent très disparate, et cela n'a rien qui doive nous étonner. Ne savons-nous pas que chez les plantes supérieures chaque organe homologue (feuille, pétale, sépale, épine, nombre des nervures, nombre des dents, taches sur les pétales d'une fleur, etc., etc.) est susceptible de prendre, en fonction des multiples actions incidentes, une valeur particulière. Connaître le caractère d'une espèce ce n'est pas faire la description d'un échantillon unique que l'on choisit arbitrairement comme type, mais c'est pour le botaniste moderne déterminer l'amplitude de la variation de chaque caractère, de chaque organe dans une lignée pure, tels qu'on peut les obtenir à partir du matériel sélectionné. Car aussi chez les plantes supérieures, le systématicien se trouve en présence d'un mélange de lignées pures que Johansen nous a appris à décomposer en ses unités[1].

[1] Johansen, *Erblichkeit in Populationen.*

Affirmer qu'une espèce est stable c'est dire que ses variations se meuvent dans une certaine limite (variation pendulaire) à déterminer expérimentalement ou par l'étude d'un grand nombre d'exemplaires dont on sait qu'ils appartiennent génétiquement à une lignée. Lorsque dans la nature deux espèces affines ont une partie de leurs variantes identiques, il n'est pas toujours facile de savoir ce qui appartient à l'une et ce qui appartient à l'autre des races[1]. L'établissement de courbes de variations montre souvent par la multiplicité des sommets la coexistence de plusieurs races mélangées, mais pour avoir une certitude sur ce point, il n'y a qu'une méthode, le triage par sélection à partir d'une semence unique. Le systématicien expérimenté sachant que son travail n'est que provisoire, lorsqu'il étudie dans la nature, a soin de ne retenir que les formes bien distinctes; vu la difficulté de donner en dehors des lignées pures une description certaine de l'amplitude complète de la variation, l'auteur se borne à noter cette partie de la courbe de variation qui n'interfère pas avec la courbe d'une autre espèce. En procédant ainsi l'algologue descripteur qui étudie dans la nature laissera peut-être de côté une partie de l'évolution des Algues dont il fait mention, mais il évitera de leur attribuer des formes qui ne leur appartiennent peut-être pas réellement.

ULOTRICHIACÉES

Nous avons vu que Hansgirg admet que l'*Ulothrix flaccida* Ktz. a *genuina* (incl. *U. nitens* Meneghini) aurait

[1] Voir Chodat, *Principes de Botanique*, p. 652.

comme forme juvénile le *Stichococcus bacillaris* de Nägeli, le *Dactylococcus caudatus* de Hansgirg, *Dactylococcus bicaudatus* A. Br., *Protococcus viridis* Agh., *Pleurococcus vulgaris* Meneghini, etc. Nous avons déjà montré l'indépendance du *Pleurococcus vulgaris* Meneghini qui est une forme de *Schizogonium* puis du *Pleurococcus Nägelii* Chod., qui est autonome ; donc une partie au moins de cette thèse est fausse. Peut-on cependant admettre que l'*Ulothrix flaccida (Hormidium flaccidum* incl. *H. nitens)* produit, selon les circonstances, le *Stichococcus bacillaris* de Nägeli. Disons tout de suite que déjà en 1896 Klebs montrait l'indépendance des deux espèces ou races, *Hormidium flaccidum* et *Hormidium nitens,* nous avons eu ces deux espèces en culture et nous ne pouvons que confirmer les résultats essentiels du consciencieux travail de Klebs ; il est évident, d'après nos cultures et nos observations dans la nature, que le *Stichococcus dissectus* de Gay appartient à l'une comme à l'autre de ces deux espèces comme état de désarticulation. Ce n'est que par l'expérience qu'on pourra décider si des cellules isolées de ce type avec chromatophore pariétal et pyrénoïde et qui ont un diamètre de 6,5 à 8 μ. appartiennent à l'espèce *H. flaccidum* ou à l'espèce *H. nitens.* Chodat (Algues vertes de la Suisse) a prudemment réuni en une espèce générale (Sammelspecies) les espèces citées et les *Stichococcus,* sur l'évolution desquels on était alors peu informé, cependant il ajoute en note : Le *Stichococcus bacillaris* paraît, d'après nos cultures pures, une espèce bien distincte. Ce même auteur semble supposer que les *Stichococcus* vrais sont munis de pyrénoïdes puisqu'il les oppose à des états unicellulaires de *Pleurococcus* (vulgaris) *Nägelii* qui sont sans pyrénoïdes. Pour nous, tous

les vrais *Stichococcus* sont sans pyrénoïde; il y a donc lieu de les maintenir dans un genre distinct du genre *Hormidium*.

Nägeli a fondé le genre Stichococcus (Einz. Alg., tab. IV) à propos de petites Algues dont il donne la longueur et le diamètre des cellules : *St. bacillaris* 5,8 μ. sur 2,6 μ. St. b. *var. major* 7,5 μ. sur 4 à 4,6 μ. et la *var. minor,* plus petite encore que le *St. bacillaris;* les cellules du *Hormidium flaccidum* et du *Hormidium nitens* ont un diamètre de 5,5 μ. à 8 μ.; il n'y aurait donc que les plus grosses cellules du *St. bacillaris* var. *major* qui se rapprocheraient comme diamètre des Hormidium auxquels Hansgirg et d'autres les rapportent. Le *Stichococcus bacillaris* représenté par Gay, l. c., tab. XI, n'est certainement qu'un *Hormidium flaccidum* à diamètre un peu plus petit car tous les caractères sont identiques; il y a dans le chromatophore pariétal un pyrénoïde. Quant au *Stichococcus fragilis* Gay il paraît être du genre *Stichoccoccus,* à cause de l'absence de pyrénoïde; n'était le diamètre supérieur (5 μ.) on prendrait cette plante pour le *Stichococcus mirabilis* (voir plus loin), mais aucun de nos *Stichococcus* ne possède de pyrénoïde et il est très probable que les végétaux étudiés par Nägeli étaient dépourvu de pyrénoïdes. L'auteur n'a pas fait mention de ce corps, il ne l'a pas figuré, et si l'on peut cependant, en examinant les figures G, 1 et 2, tab. IV, de son Mémoire être en doute, il faut se rappeler que Nägeli a pu prendre pour un pyrénoïde un des globules de graisse dont nous aurons à parler. D'ailleurs l'auteur dit, p. 76 : Ein Chlorophyllbläschen habe ich noch nicht bemerkt.

Pour beaucoup d'auteurs *Stichococcus* est une Algue

unicellulaire au sens de Nägeli, c'est-à-dire du type d'un *Dactylococcus* ou d'un *Oocystis*. Gay, puis Chodat ont déjà résolument rangé les *Stichococcus* parmi les Ulothrichiacées à la suite des *Hormidium ;* c'est ce que fait aussi Oltmans et ces auteurs ont raison car tous les *Stichococcus* forment des filaments courts ou longs, les uns qui se maintiennent, les autres qui se désarticulent facilement. Malgré plusieurs centaines de cultures sur des milieux liquides et solides, nous n'avons jamais vu autre chose qu'une multiplication par cloisonnement transversal ; jamais n'apparaissent de spores à la façon des Protococcacées. Nous avons vu plus haut que les Algues qui ressemblent le plus aux Stichococcus sont les *Coccomyxa,* vraies Scénedesmacées, parce qu'il y a chez eux véritablement formation de sporanges comme chez les *Raphidium* ou les *Scenedesmus*. Par conséquent, *Stichococcus* ne peut être une Protococcacée, c'est un genre voisin d'*Hormidium* mais distinct. Nous avons eu en culture pure :

Stichococcus bacillaris Näg. (Pl. XIX, B. C. ; XX, C.)
» *pallescens* nob. (Pl. XIX, A. A. et E.)
» *mirabilis* Lagh. (Pl. XX, A. B.)
» *minor* Näg. (Pl. XIX, D. ; XX, F.)
» *lacustris* nob. (Pl. XIX, F. G.)

Nous avons isolé le premier de la terre humide et d'écorces. Le second nous a été fourni par la station centrale pour la culture des Algues sous le nom de *Stichococcus major ;* le troisième était de même provenance. Le *Stichococcus lacustris* a été isolé de l'eau qui séjourne dans les creux des pierres des bords du lac de Genève. De ces 5 espèces, la troisième est la plus apte à former des filaments stables. En vieille culture de 5 mois sur Agar glucosé cette espèce forme un gazon crépu vert

gai qui rappelle celui de l'*Hormidium nitens*. Le *Stichococcus bacillaris* forme aussi facilement des filaments mais ceux-ci se désarticulent excessivement. Sur l'Agar glucosé la colonie est régulière, lisse, d'un vert-pomme foncé à bords pâlissants ; nous avons nommé *St. pallescens* le *Stichococcus* fourni sous le nom de *St. major*, mais qui ne peut être cette espèce à cause du diamètre beaucoup moins fort. Elle se reconnaît aisément par sa culture sur Agar sucré ; la colonie pâlit rapidement au centre ou vers la périphérie et finit par se décolorer complètement en lumière sauf sur les bords ou au centre de la colonie où l'on voit un liseré vert ou des verrues vertes. Dans les mêmes conditions le grand *St. bacillaris* reste vert et s'élève au-dessus du substratum en une colonie cérébroïde. Le *Stichococcus lacustris* se reconnaît facilement au microscope à la longueur de ses cellules qui dépassent à peine le diamètre et à ses colonies muqueuses d'un vert gai. Toutes ces cultures ayant été faites et répétées sur le même milieu et dans des conditions identiques de lumière diffuse, de température et d'humidité et pendant le même temps, les résultats sont donc parfaitement comparables.

Gay qui a fait de ce groupe une très judicieuse étude attribue au *Stichococcus bacillaris* un diamètre de 1,5 à 5 μ. ordinairement 4 μ. ; nous pensons qu'il y a eu erreur et que le *Stichococcus bacillaris* figuré avec pyrénoïde est simplement un état de désarticulation d'un *Hormidium* du même type.

Faut-il maintenant faire 5 espèces pour les *Stichococcus* que nous avons eus en culture ou ne les considérer que comme des variétés, des races d'une même espèce ? Il y a évidemment entre ces 5 espèces d'étroites analogies ; la

plus grosse est le *St. bacillaris* avec un diamètre de 2,5 à 4 μ. Ce n'est guère que dans des formes d'involution que ce diamètre est dépassé. Le *St. minor* a en moyenne 2,5 μ. d'épaisseur et il est bien caractérisé par les globules de graisse qui le remplissent dans les cultures sur glucose. Le *St. pallescens* a un diamètre de 2 à 3 μ., il n'accumule pas de globules graisseux comme le précédent. Enfin le *St. mirabilis* a des cellules de 1,9 à 2 μ. rarement 3,2 μ. d'épaisseur sur une longueur de 13 à 25 μ.; cette espèce est donc bien caractérisée par la longueur de ses cellules. C'est tout juste le contraire de ce qui arrive dans le *Stichococcus lacustris* dont les cellules sont si courtes qu'on les prendrait pour les spores d'un *Chlorella*. Ajoutons que tandis que le *St. bacillaris* liquéfie assez fortement la gélatine, les *St. pallescens* et *St. minor* ne liquéfient pas. Le polymorphisme chez toutes ces espèces est excessivement faible, on trouve quelques cellules déformées, renflées en vésicules ou coudées en forme de v, mais à cela se bornent leurs œcomorphoses. Par conséquent il n'y a pas lieu de s'arrêter au lien génétique que Hansgirg et Borzi veulent avoir reconnu entre les *Stichococcus* et les vrais *Hormidium*. Quant à la prétention que ces espèces ne seraient également que des stades de *Protococcus* ou de *Pleurococcus*, ce qui a été dit plus haut nous dispense de plus de détails sur ce sujet. Artari qui a cultivé le *St. bacillaris* a reconnu que la longueur des cellules varie beaucoup selon les conditions de culture :

« Jedenfalls ist die Plasticität der Gestaltung der Zelle bei *Stichococcus* ziemlich bedeutend. Bemerkenswert erscheint, dass die kurzen Zellen, welche bei der Kultur der Alge in schwachen Lösungen auftreten, diagnostisch dem *Stichococcus bacillaris* Näg. ähnlich sind, während

die langen Zellen in ihrem Aussehen ziemlich nähern, die unter dem Namen *Stichococcus fragilis* beschrieben sind. In der Tat sind die Zellen von *Stichococcus bacillaris* aus starken Zuckerlösungen dünner und bedeutend länger. Man könnte aus diesem Resultat Zweifel hegen, ob die verschiedenen Formen von *Stichococcus,* die unter verschiedenen Namen beschrieben wurden, tatsächlich verschiedenen Arten entsprechen. In unserm Falle beweisen allerdings die Rückwandlung der langen Zellen von *St. bacillaris* in kürzere Glieder nach dem Übertragen aus starken in schwache Lösungen, dass wir es mit der *Gestaltänderung* der Art zu tun haben[1]. »

DESMIDIACÉES

Nous n'avons pas l'intention de faire ici une étude complète de la variation chez les Desmidiacées. Tout d'abord personne n'a, à notre connaissance du moins, réussi à obtenir des cultures absolument pures de Desmidiacées. Il n'est pas permis d'appliquer ce nom aux accumulations de Desmidiées qui paraissent parfois constituées par une seule espèce. Tous les auteurs sont d'accord pour accorder à ces plantes un assez grand pouvoir de variation. La richesse de leurs formes et de leurs sculptures en font des favoris des amateurs.

Klebs (l. c.) a publié un travail fort intéressant sur les Desmidiées de la Prusse orientale. Après avoir étudié avec soin beaucoup d'individus d'une même espèce choisie et d'espèces supposées affines, il arrive à cette con-

[1] Pringsh. Jahrbücher f. w. Bot., LX, p. 609, fig. 1-2.

clusion désespérante que, dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de définir des espèces exclusivement d'après des caractères morphologiques.

Cette difficulté est la même aujourd'hui; on comprend qu'il en soit ainsi puisqu'il n'a pas été possible d'étudier ces plantes si variées à partir de cultures pures. Plusieurs auteurs ont écrit sur la variabilité et le polymorphisme des Desmidiées[1] mais ce sont là des vues de l'esprit, car on conçoit que si l'on mettait en mélange les diverses espèces de *Scenedesmus* le botaniste serait tout aussi embarrassé et il pencherait très probablement en faveur de la limitation du nombre des espèces. Nous avons décrit cinq espèces de ce genre qui se maintiennent distinctes dans les limites de leur polymorphisme particulier, par conséquent il est très probable que chez les Desmidiées, malgré les liens apparents qui réunissent idéalement les différentes formes, il y a aussi des espèces nombreuses et qu'on pourra tout aussi facilement définir quand on les aura isolées. Nous avons insisté plus haut sur la difficulté devant laquelle serait le botaniste qui aurait à désigner au microscope par leurs vrais noms des mélanges de cellules appartenant aux diverses espèces de *Coccomyxa, Raphidium, Stichococcus*, lorsqu'il ne pourrait en poursuivre toute l'évolution; il en est de même pour les Protococcacées, à cellules arrondies. La distinction n'est donc certaine que par la méthode des cultures pures. On nous objectera que beaucoup de ces formes ont été reconnues et décrites avant l'application de cette méthode. Cela est vrai, pour un certain nombre d'espèces qui possèdent des caractères distinctifs faciles

[1] Klebs, *Manigfaltigkeit der Formen*, p. 41.

à définir ou qui, préférant certaines localités, ne se trouvent pas en mélange avec d'autres espèces. Mais il n'y a qu'à consulter la bibliographie et se mettre soi-même à déterminer des Algues inférieures ou même supérieures pour se rendre immédiatement compte de l'embarras qu'on ressent devant la plupart des Algues unicellulaires arrondies ou ovales qu'on peut rencontrer mélangées à d'autres Algues unicellulaires ou même à des Chétophoracées filamenteuses.

Mais, dira-t-on, les Desmidiées sont admirablement caractérisées par leurs formes si variées, les sculptures de leur membrane, leurs chromatophores. Voilà suffisamment de caractères à utiliser pour la différenciation en espèces. Mais à mesure qu'augmentent les caractères différentiels, le nombre des processus de la membrane, arrêtes, piquants, perles, etc., augmente aussi la probabilité d'une variabilité comme celle qu'on a observée chez les Phanérogames. J'entends parler de cette variabilité fluctuante telle qu'on l'observe dans les organes homologues d'une même plante, comme le nombre des nervures sur les feuilles d'un *Fagus,* ou le nombre des dents sur les feuilles d'un même arbre d'*Ilex Aquifolium* ou dans les organes homologues de divers individus d'une même espèce. Ces valeurs vont d'un minimum à un maximum; la diagnose de l'espèce ne devient réellement scientifique que lorsqu'on a déterminé ainsi la courbe de variation, non seulement d'un caractère, mais de tous les caractères dont on veut se servir pour déterminer exactement la limite où s'arrête la variation dans des conditions données par l'expérimentateur ou par la Nature. Le plus souvent le systématicien pressé se contente d'un jugement fondé sur l'intuition qu'il a acquise par

une grande connaissance de la valeur des caractères dans un groupe donné. Mais, s'il est avisé, il se rend bien compte que ce n'est là qu'un *travail provisoire* et que pour la résolution des problèmes relatifs à la variation, il faut appliquer des méthodes moins subjectives. (Voir à ce sujet les travaux de l'Ecole biométrique, les recherches sur le Mendélisme : Correns, Tschermak, Bateson, Pearson, etc.) Ces exigences de précision dans la biologie moderne sont sans doute gênantes pour les botanistes pressés, mais il faut bien se rendre compte que sans elles et surtout à propos d'organismes inférieurs qui se ressemblent par la forme et le contenu des cellules, on ne pourra sérieusement aborder les problèmes les plus intéressants de la Biologie. Sans les méthodes de culture pure et même sans la méthode plus précise de la culture à partir d'une seule spore, Blakeslee n'aurait pu obtenir les intéressants résultats que l'on sait : (Disjonction sexuelle des Mucorinées, disjonction sexuelle des spores dans le sporange de quelques Mucorinées, etc.) Mais, diront les systématiciens de la vieille Ecole, ce ne sont pas là des questions de systématique. A quoi nous répondrons : Si ce ne sont pas là des problèmes d'une systématique rationnelle, alors il faudrait donner raison à certains biologistes qui ont prétendu que cette branche de la botanique (la Systématique) était le refuge de ceux qui ne veulent ou ne peuvent pas aborder des questions par des méthodes réellement scientifiques, c'est-à-dire dans lesquelles l'expérience ou la mesure jouent le rôle prépondérant.

C'est pourquoi nous ne comprenons pas que M. Hansgirg ait pu dire d'une recherche fort intéressante de Klebs sur les *Hormidium,* dont ce dernier auteur a décrit scientifiquement deux espèces par la méthode de la sélection :

« An dieser Stelle sei noch bemerkt, dass die Ansicht von Klebs, eine Reform in der Algologie bloss durch Reinkulturen durchzuführen, von einigen erfahrenen Algologen nicht geteilt wird, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde weil man am Wege blosser, ohne Kontrollversuche an der in der freien Natur an ihren Standorten sich normal entwickelnden Algen angestellten, Reinkulturen, bei vielen Algenarten nicht zum Ziele gelangen kann und weil auf diesem Wege selbst solche Algenforscher, wie Prof. Klebs, auf Abwege sich verleiten liessen. — Es genügt vielleicht die Bemerkung, dass man aus dem *Protococcus botryoides* Ktz. eine neue Gattung (Protosiphon Klebs) und aus einigen kleinen Standortsvarietäten (Hormidiumformen) gute Arten reinkultivierte [1]. » Mais revenons aux Desmidiées. Les expériences acquises dans d'autres groupes sélectionnés, et par conséquent spécifiquement homogènes, rendent donc très probable que les Desmidiées avec leurs dessins variés, leurs contours bizarres doivent présenter des courbes de variation analogues à celles que nous avons signalées pour d'autres.

On peut souvent dans un matériel mélangé reconnaître, chez les Phanérogames, la présence de plusieurs espèces ou de plusieurs races par l'établissement de la courbe de variation de la valeur d'un seul caractère choisi arbitrairement. Le plus souvent le mélange des races se traduira par l'existence de plus d'un sommet sur la courbe obtenue. Mais même alors, il faudra se souvenir que le caractère choisi peut dépendre aussi de l'âge et des conditions de nutrition. Ce travail n'a pas encore été fait pour les Desmidiées. Alors même qu'il ne donnerait en faveur de

[1] *Pflanzenbiol. Untersuchungen,* Wien, 1904, 215.

l'une ou de l'autre des hypothèses (coexistence de plusieurs races ou espèces ou dimorphisme œcogénique) qu'une présomption, il serait la base sur laquelle on pourrait établir des expériences de contrôle en multipliant les statistiques, si l'on ne peut expérimenter, ou en faisant varier les conditions si les plantes se prêtent à des cultures.

Tous les auteurs sont d'accord pour admettre chez les Diatomées des espèces très nombreuses, et nous verrons plus loin que ces idées sont justifiées par la méthode des cultures pures. Il en est probablement de même pour les Desmidiacées.

Klebs, fasciné tout d'abord par la multiplicité des formes, s'est laissé aller, dans un travail de début, à admettre un polymorphisme très étendu. Nous doutons que cet auteur serait actuellement du même avis. Les botanistes West et Nordstedt qui se sont particulièrement occupés des Desmidiées et qui par conséquent ont acquis cette faculté de jugement si précieuse dans les travaux de systématique, lorsqu'on ne peut expérimenter, acceptent un grand nombre d'espèces (voir Index Desmidiacearum). West[1] me paraît avoir donné d'excellentes raisons pour admettre, ici aussi, un nombre considérable d'espèces : « In commenting on *Cosmarium piligerum* Lag. the late Rev. Woolle somewhat hastily states (Freshwater Algæ of the U. S.) that G. v. Lagerheim appears to give to much prominence to simple differenciations mere vagaries of the same species. » West continue : « I have examined large number of examples of *Cosmarium pseudotaxichondrum* and allied species and many varie-

[1] *On Variation in Desmidieæ and its bearing on their classification,* Linn. Soc. J. Bot., vol. XXVII, p. 365.

ties from many parts of the World, and can truly say that Prof. G. v. Lagerheim did not give to much prominence to simple differenciations. Many of these differenciations are combinations of characters wich are repeated in hundreds and I may say in thousands of individuals and can therefore be rightly considered as constituting distinct varieties. Moreover how is it that identical species of these minute forms of plant life, wich Wolle would have us believe so easily give rise to differenciations and vagaries, are found in such widely separated places as Madagascar and the United States, wich precisely the same characters the same marking, granule for granule! Such is the case with *Euastrum trigibberum* ».

Certaines espèces comme *Micrasterias foliacea* qui se retrouvent dans des pays éloignés et qui sont cependant rares : « America, India, Burmah, Queensland. *Triploceras gracile :* N. et S. America, Europa, India, China, Australia, New-Zealand »..... « *Docidium baculum* with worldwide distribution, and yet a Malagassy specimen of the type could not be distinguished from an English specimen, » et p. 404 « Klebs was certainly in error in grouping together many of the forms that he has figured in his Desmidiaceae Ostpreussens and concerning such treatment of these plants. I will again quote a few remarks made by Archer. « The inexperienced lumping together of species is as much to be deprecate as their over multiplication. I should draw attention to a circumstance I am disposed to look upon as an almost an umpeacheable argument as to their actual specific distinctness. I allude to the fact, that, no matter how numerous or how few the fronds, the conjugating specimens always conjugate, like form or species, with like form or species the

abundant with their abundant neibourghs or the same species, the rare seeking the rare of the same species, and overlooking the possibly more numerous specimens of a perhaps closely allied species, and it is marvellous however few a certain species may be amongst the mass of others, by what attraction or force this little vegetable organism, not endowed with a special locomotive power, are impelled to seek only their fellows when about to conjugate avoiding othermore abundant species, themselves even, perhaps conjugating with each other at the time[1]. »

On voit combien les Desmidiées paraissent clairement différenciées en espèces puisque l'aversion sexuelle est si grande entre les formes voisines et qu'elles ne se conjuguent que forme à forme.

Lorsqu'on aura trouvé le moyen de les cultiver en culture pure elles fourniront un merveilleux matériel d'expérimentation pour le biologiste systématicien.

Nous n'avons jusqu'à présent sur la culture des Desmidiées que quelques essais de Schmidle et surtout de Borge. Ce dernier a isolé sous le microscope le *Closterium moniliforme* Ehrb. dont il a obtenu une forme courbée en S, ce qui lui a permis de montrer que ce caractère ne suffit pas pour l'établissement de nouvelles espèces (*Cl. sigmoideum* Lag. et Nordst.).

Il a étudié également par la même méthode un *Cosmarium* dont il donne la variation ; les dimensions n'ont guère varié 14-15 μ. sur 19 à 22 μ. et le contour ne s'est modifié que d'une manière insignifiante ; les petites variations doivent cependant avertir les Desmidiologues de ne

[1] Archer, *Descr. of new sp. of Micrasterias with remarks on the distinction between M. rotata and M. denticulata,* Quart. Mic. Soc., New Ser., Vol. 2, 1862, p. 236-7.

pas tenir pour nécessairement spécifique le moindre caractère observé lorsqu'il se rencontre accidentellement.

Le Cosmarium Botrytis n'a pas sensiblement varié; Borge a cependant obtenu 16 individus à partir de celui qu'il avait sélectionné.

Voir aussi Schmidle : Ueber die individuelle Variabilität einer *Cosmarium*-species; cet auteur reconnaît une grande constance dans la forme du chromatophore; le contour des cellules varie peu tandis que le nombre des granulations est plus variable. Il y a cependant loin de cette variabilité à celle que supposait Klebs et que Hansgirg paraît disposé à admettre.

DIATOMACÉES

Ce qui a été dit des Desmidiacées s'applique tout aussi bien aux Diatomacées. Chez ces plantes la multiplicité des formes est extrême (voir van Heurck : A Treatise of Diatomaceæ). En Suisse, dans les lacs, les *Cyclotella* sont représentées par des formes locales qui non seulement diffèrent par les sculptures des frustules mais aussi par l'arrangement des individus en colonies (voir Bachmann, Chodat[1], Schröter, etc.). Mais, d'autre part, des mêmes formes se rencontrent à de grandes distances comme cela a été dit des Desmidiacées.

Miquel, Richter, puis Chodat ont réussi à cultiver des Diatomées à l'état de pureté sur les milieux agarisés et autres. Dans ces cultures les Diatomées varient très peu et ne donnent dans leurs faibles variations aucun indice d'un polymorphisme qui pourrait justifier l'idée que pour-

[1] *Etudes de Biologie lacustre*, B.-H.-C. Boissier, 1898, p. 187.

raient partager quelques botanistes savoir, que l'immense majorité des espèces de Diatomées sont simplement des variantes accidentelles de quelques espèces réelles.

Miquel, P. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CXIV, 28, 780, ann. 1892.
Richter, O. *Reinkulturen von Diatomeen,* Ber. d. d. bot. Ges., Okt. 1903.
Chodat, R. Brit. Ass. f. adv. of sc. Cambridge, 1904, et Soc. helv. Sc. nat., Winterthur, 1905, Arch. Sc. phys. et nat., 1905.
Espèces cultivées: *Nitzschia Palea var. debilis; Navicula exilis; Navicula minuscula.*

SCHIZOPHYCÉES

On s'est beaucoup occupé du polymorphisme de ces végétaux. C'est encore à Hansgirg qu'on doit les affirmations les plus catégoriques sur ce sujet. Pour lui (voy. p. 19, 20, 22) non seulement il y a une grande variation possible dans la grosseur des filaments des Oscillatoriées, mais de celles-ci on passe par un phénomène de transformation progressif aux Scytonémacées et aux Sirosiphoniacées; enfin, les Chroococcacées elles-mêmes ne seraient guère que des états unicellulaires de Schizophycées filamenteuses.

A ceci nous répondrons que nous avons eu pendant plusieurs années des Schizophycées[1], Oscillatoriées en culture pure (les unes sans Bactéries les autres avec Bactéries) et que, au cours de ces longues recherches, nous n'avons pas constaté une variation sensible dans le diamètre des filaments et encore moins une désarticulation donnant naissance à des états unicellulaires.

Dans nos lacs suisses apparaît souvent, pendant l'hiver, sur la surface de l'eau, une fleur d'eau qui occupe

[1] Beijerinck. Centralblatt für Bot., Bd. 7, 1901, p. 561.

parfois plusieurs kilomètres de surface ; dans les millions et millions d'individus de l'*Oscillàtoria rubescens* il ne s'en trouve pas un qui manifesterait la moindre tendance soit à se ramifier soit à produire des cellules isolées chroococcoïdes. La multiplication se fait exclusivement par fractionnement des filaments en hormogonies de longueur variable ; mais malgré nos recherches poussées dans cette direction nous n'avons jamais pu trouver un *Oscillatoria* qui se désarticulerait en cellules isolées.

Les auteurs qui se sont occupés de cultures de Cyanophycées n'appartiennent pas à l'école de Hansgirg. M. Sauvageau, dans son étude sur le *Nostoc punctiforme*[1], le même et Hariot[2] ont montré que cette espèce est bien caractérisée comme *Nostoc* par ses chaînettes interrompues par des hétérocystes et que cependant elle désarticule ses cellules qui se mettent à se diviser et à produire des paquets de cellules isolées (fig. l. c.). Ces cellules peuvent passer par un stade hypnocyste en développant une membrane plus ferme. Lorsque ces hypnocystes (Dauerzellen) germent elles gonflent, et dans leur intérieur se fait une division de la cellule, dans une direction, mais les cellules du filament prennent par leurs dispositions irrégulières l'apparence de spores dans un sporange. C'est d'ailleurs ce que l'on observe souvent lors du développement des arthrospores des Noctocacées lorsque, s'étant détachées du filament, elles finissent par germer. A cela se bornent les observations de Sauvageau sur le *Nostoc punctiforme*[3].

[1] Ann. Sc. nat., VII série, Bot., T. III, p. 17.
[2] Comptes rendus, t. 120, 1892 et ibid.
[3] Thuret, 1844, Annales des Sciences Naturelles, IIIe série, t. 2, p. 319 et Mémoire Soc. Cherbourg, 1857 ; de Janczewski, Ann. sc. nat., sér. 5, t. XIX, 1874.

Nous avons eu l'occasion d'étudier le développement d'un *Nostoc* qui vit sur les parois des serres. C'est encore un vrai *Nostoc* qu'on reconnaît à sa gelée et à ses hétérocystes ; vers la surface, il se désagrège comme l'indiquent les fig. D, pl. XX, mais nous n'avons pu trouver des stades de division que dans le sens des filaments.

Nous avons aussi eu en culture comme nous l'avons déjà dit, pendant plusieurs années des *Oscillatoria* sur Agar sans sucre et Agar sucré, Agar peptonisé etc. Dans des liquides, sur des plaques poreuses, ils ne nous ont jamais montré le moindre polymorphisme. Selon l'intensité de la lumière ou l'âge des cultures, la couleur varie excessivement. On peut sans doute rapporter ces variations à l'influence du milieu nutritif ou à l'adaptation chromatique dans le sens d'Engelman et Gaidukow. Cependant nous n'avons sur ce sujet pas d'expérience décisive ; nous avons eu en outre également en culture pure une Schizophycée qui est excessivement polymorphe et que l'on pourrait au premier abord considérer comme une Chroococcacée. Nous l'avons obtenue au cours d'essais qui avaient pour but d'isoler le *Trentepohlia umbrina* récolté sur les pierres du Salève. Pendant deux ans nous avons fait avec cette plante de nombreuses expériences en culture absolument pure. Malheureusement un oubli pendant les vacances nous l'a fait négliger et les cultures ont péri. Elle est encore parmi nos matériaux, mais définitivement morte. Nous l'avions tout d'abord déterminée comme appartenant au genre *Chroococcus,* mais son évolution singulière en fait certainement une Chaméesiphonée. Sa couleur varie du violet sombre au vert gris, actuellement elle est constituée par des cellules parfaitement arrondies dans lesquelles on peut par l'em-

ploi du Bleu de méthylène reconnaître un corps central et une écorce périphérique colorée différemment. La multiplication se fait selon le type connu de la Chaméesiphoniacée, *Pleurocapsa*. Nous l'appellerons *Pleurocapsa salevensis*. (Pl. XXI.) A certains de ses états elle rappelle un *Chroococcus*. Mais sa multiplication sporangiale la différencie suffisamment. Lorsqu'elle produit des gonidies, elle rappellerait aussi les espèces du genre *Microcystis* et *Polycystis*[1]. Les gonidies peuvent être excessivement petites et nombreuses, les plus petites ont à peu près 1 μ. de diamètre, celui des plus grosses atteint 15 à 16 μ. Cultivée pendant plus de deux ans sur des milieux variés quant aux sources d'azote (nitrites, nitrates, sel d'ammonium, amides, acides aminés, combinés avec divers sucres ou sans sucre), jamais cette Algue n'a montré la moindre tendance à passer vers d'autres types de Chaméesiphoniacées et en particulier vers les formes filamenteuses de cette famille qui sont comme on le sait extrêmement polymorphes[2]. A plus forte raison elle ne donne naissance ni à une Oscillatoriée, ni à une Scytonémacée, ni à une Nostocaccée ou Rivulariacée. Quelqu'étendu que soit le polymorphisme des espèces de Chaméesiphoniacées, et nous ne voyons pas quelle raison on pourrait invoquer contre l'emploi de ce nom pour désigner l'extrême plasticité de ces plantes, elles restent bien distinctes, non seulement les unes vis-à-vis des autres mais « a fortiori » vis-à-vis d'autres groupes de Cyanophycées.

Comme dans nos cultures pures nous n'avons jamais pu obtenir d'états unicellulaires d'*Oscillatoria*, jamais la

[1] Rabh. Fl. Eur. Algar. II, p. 4 et 5.

[2] *Hyella* v. Jadin et Huber, Journ. de bot., VI, 1892, 278, tab. XI; et Chodat, Bull. Herb. Boiss., Tome VI, 1896, p. 447.

moindre indication d'une semblable formation, nous pouvons conclure que les opinions de Hansgirg sont plus que problématiques. Mais le fait que les *Nostoc* peuvent désarticuler leurs filaments, et que dans les Chaméesiphoniacées des formes filamenteuses peuvent simuler des états Chroococcacés nous avertit qu'il faut être prudents dans l'identification des cellules isolées qu'on rencontre dans la nature et ici encore se trouve vérifiée la règle que s'imposera le systématicien consciencieux : « Jedenfalls darf aber nicht eine Form, selbst wenn sie vorläufig in ihrer Gestaltung von anderen leicht zu unterscheiden ist, eher als Art betrachtet werden, als bis ihr eine spezifisch eigene Entwicklungsgeschichte nachgewiesen werden kann [1] ». Il se peut que parmi les nombreuses affirmations de Hansgirg relatives aux Schizophycées il en soit qui ont peut être un fondement. Mais il est impossible à qui que ce soit, même à un algologue qui a consacré une partie de son existence à l'étude des Algues dans la nature, de trier dans les thèses de Hansgirg ce qui dans la suite, après des études faites à partir d'un matériel pur, pourra être retenu et ce qu'il faudra rejeter. Il est regrettable que Hansgirg n'ait pas lui-même appliqué le principe juste dont il fait mention.

Mais Hansgirg va plus loin : dans son Mémoire [2] il croit avoir découvert les zoospores des Schizophycées. A cause de l'analogie que présentent ces plantes avec les Schizomycètes dont quelques formes sont mobiles, il suppose que de semblables éléments mobiles pourraient aussi se rencontrer chez les Schizophycées.

[1] Klebs, *Desm. O. Preussens*, p. 42.

[2] *Anhang zu meiner Abhandlung « Ueber den Polymorphismus der Algen »*, Bot. Centralblatt, XXIII, p. 229.

Mais dès maintenant nous ferons l'objection suivante : Toutes les espèces ou genres de Schizomycètes n'ont pas d'éléments ciliés. On en a, il est vrai, récemment décrit dans la famille des Coccacées où jusqu'alors on les croyait absents[1].

Mais s'ils étaient plus répandus qu'on ne le croyait il ne s'ensuivrait nullement qu'on serait en droit de les trouver parmi les Schizophycées. Car il devient de moins en moins probable que ces deux Classes réunies provisoirement sous le nom de Schizophytes soient réellement parentes. Nous rappelons que tandis que le centre des cellules des Schizophycées est occupé par un corps central, celui des Bactéries est le plus souvent occupé par un système osmotique ou dépourvu de corps central. En outre les Schizophycées ne produisent jamais d'endospores à la façon des Bactéries. Ces deux groupes se ressemblent probablement bien plus en vertu de phénomènes de convergence, que grâce à une réelle affinité naturelle.

Hansgirg d'ailleurs reconnaît n'avoir pas établi de lien génétique entre le *Chroomonas Nordstedtii* Hansgirg, état mobile et les *Oscillatoria tenuis* Ag., et *O. Frochlichii* Kütz. La description qu'il donne de cette Flagellée ferait penser à un état mobile d'une Hétéroconte probablement une Flagellée voisine de *Cryptomonas*. En effet deux cils inégaux, plusieurs chromatophores, des pyrénoïdes globuleux (sans doute de l'amidon spécial) tout cela concorde bien avec ce qu'on sait des *Cryptomonadinées*[2].

[1] A. Meyer et ses élèves, Bakt. Centralblatt, I, 16, vol. XXXIII.

[2] Senn in Engl. et Prtl. *Die nat. Pflzf.*, Flagellatæ, ou Oltmans l. c. I, Cryptomonadinées.

Déjà au point de vue de la logique l'assimilation que fait Hansgirg de ces *(Cryptomonas) Chroomonas* avec des Oscillatoriées ne paraît pas heureuse. L'analogie lointaine du pigment est insuffisante ; il aurait fallu montrer l'identité des pigments par la méthode spectroscopique. Puis la présence de chromatophores définis dans la forme flagellée et même de pyrénoïdes, alors que ces chromatophores définis font défaut aux Schizophycées auxquelles on ne connaît pas non plus de pyrénoïdes ou même simplement d'amidon.

J'ai quelque scrupule à continuer la réfutation de l'article de Hansgirg sur cette question, car les raisonnements qu'il avance pour étayer son hypothèse que les Euglénoïdes sont des états mobiles d'Oscillatoriées me paraissent si futiles que plusieurs pourront s'étonner que nous nous appliquions à les démolir. « A vaincre sans effort, on triomphe sans gloire ». (Boileau.) Mais ainsi le veut la question mise au concours ! Voici ses preuves :

1° « Les Euglènes et les *Oscillatoria* contiennent beaucoup de glycogène » ! Réponse : Sans doute, mais le glycogène est très répandu dans le règne végétal (voir le travail d'Errera sur le glycogène publié après sa mort...)[1].

D'ailleurs les Euglénoïdes ont en outre d'autres matières de réserve (Paraamidon, etc.).

2° Les uns comme les autres ont la membrane formée d'une matière qui gélifie facilement, ce qui explique que les unes comme les autres puissent former des enduits. En outre, les deux catégories ont des mouvements phototactiques. Réponse : Le pouvoir de gélification est si général qu'on ne saurait le considérer comme ayant une

[1] Errera, L. glycogène et paraglycogène, Recueil de l'Institut botanique. Bruxelles, I, 343 et seq.

signification systématique; enfin, des mouvements phototactiques sont si habituels chez les Algues ou leurs zoospores qu'il est inutile de leur attribuer une valeur systématique.

3° Les deux groupes ne forment jamais de vrai amidon. (?) Rép. : Sans doute, mais les *Oscillatoria* ne produisent jamais d'hydrate de carbone (polysaccharides) en grains définis comme les Euglènes avec leur paraamylum ou les autres avec leur amidon défini :

4° Comme chez les Euglènes, on voit aussi dans les états unicellulaires des Oscillariées *(Aphanocapsa cruenta, Porphyridium cruentum)* des chromatophores particuliers avec pyrénoïde et noyau.....

Rép. : Mais il faudrait tout d'abord démontrer que *Porphyridium* est un état unicellulaire d'une Oscillatoriée, ce qui est improbable pour les raisons indiquées plus haut.....

5° « On voit aussi dans les états unicellulaires des Euglénoïdes les cils flagelliformes insérés dans des dépressions de la membrane comme chez les états unicellulaires ciliés des Oscillatoriés, par exemple le *Chroomonas* décrit précédemment. »

Rép. : Mais il faudrait d'abord démontrer que réellement *Chroomonas* est un état d'*Oscillatoria* pour pouvoir se servir de cet argument. Or, ce n'est pas à nous qui voyons bien pourquoi cette Flagellée ne peut être un état unicellulaire d'Oscillatoriée (v. plus haut p. 136) qu'il convient d'accumuler page sur page pour détruire une erreur qui paraît évidente à tous les Algologues modernes.

6° Les *Oscillatoria* effectuent comme les cellules des Euglènes aciliées des mouvements de reptation combinés avec une rotation autour de leur axe.

Rép. Les Euglènes ont parfois des mouvements métaboliques avec par conséquent déformation du corps, alors que les mouvements des *Oscillatoria* sont des mouvements du filament tout entier effectués, autant qu'on le sait, par extension ou contraction des membranes alors que la cellule ne se déforme guère.

7° Comme les états unicellulaires des *Oscillatoria, Chroococcus, Glœocapsa,* les cellules quiescentes des Euglènes peuvent s'encapsuler et se diviser à cet état en 2-4 cellules.

Rép. Sans doute, mais on trouve des hypnospores dans bien d'autres groupes d'Algues, p. ex. Protococcacées, Palmellacées.

8° Absence de la sexualité dans les deux groupes.

Rép. La sexualité fait aussi défaut à beaucoup de Protococcacées.

Enfin il est si facile, dans les Euglènes et les autres groupes alliés, de mettre en évidence l'existence de vrais chromatophores, de vrais noyaux, des vacuoles pulsatiles, que cela peut suffire pour rendre si invraisemblable l'opinion de Hansgirg, qu'après ce qui vient d'être dit, il ne reste plus à l'auteur, dont on fait la critique, que de démontrer d'une manière non équivoque que, contrairement à toute logique, nous avons tort.

CHAPITRE III

Théorie de la mutation des algues en bactéries, en levures et en autres mycètes et peut-être aussi en infusoires.

Nous avions quelqu'hésitation à faire la critique des idées déjà anciennes de Hansgirg sur le Polymorphisme des Algues parce que plus d'une des idées émises par ce botaniste nous paraissaient, à la lumière des faits nouveaux, si étranges et si peu fondées que nous pensions que l'auteur lui-même ne les défendrait plus actuellement.

Dans ses derniers travaux Hansgirg[1] ne revient plus sur ses affirmations précédentes ; il se borne à citer les auteurs qui selon lui auraient publié des observations en faveur de ce qu'il appelle la *théorie du polymorphisme* des Algues. Si Hansgirg a seulement voulu prétendre que, comme beaucoup d'autres plantes, les Algues mon-

[1] Hansgirg. *Schlusswort zu meiner Arbeit, « Ueber den Polymorphismus der Algen, »* in Engl. Jahrb. Band XXXII, Beibl., p. 1.

trent, dans certaines conditions, une remarquable plasticité, alors il peut bien citer en faveur de cette idée les travaux des Algologues, ses contemporains. Mais nous pensons que cette théorie n'a pas été l'enjeu principal des attaques qui ont été dirigées contre le polymorphisme. Ce qui a provoqué ce mouvement, ce sont des affirmations précises et en particulier celles de Hansgirg lui-même. Nous regrettons que Hansgirg n'ait pas cru devoir défendre ses affirmations anciennes par de nouvelles recherches qui auraient confirmé ou infirmé ses premières conclusions. Le débat aurait pris une tournure précise; la part de vérité qui peut se trouver dans les thèses que nous avons scrupuleusement énumérées, pg. 19 et seq., lui aurait été comptée, et lui-même, avec la grande expérience qu'il a de la bibliographie algologique, aurait pu, mieux que personne, remettre les choses au point. Mais nous insistons sur le fait qu'il n'est pas plus admissible que Hansgirg compte parmi les adeptes de ses idées, les auteurs qu'il a cités, que le contraire qui a été fait p. e. par Klebs qui a jeté dans un même paquet les auteurs qui se sont servi du terme de polymorphisme. En ce qui concerne Chodat, ce dernier s'est toujours défendu de partager les idées de Hansgirg. Il a demandé qu'on critique ses travaux pour ce qu'ils contiennent et qu'on veuille bien ne pas les confondre avec ceux de Hansgirg et de Borzi. Ce n'est pas, en émettant une pareille prétention, qu'un auteur veuille jeter le discrédit sur les travaux des autres, mais il n'est pas scientifique de mêler plusieurs travaux et de les critiquer en bloc.

Il n'est pas scientifique non plus de faire comme M. Hansgirg en citant à l'appui de ses idées des auteurs qui n'ont pas exprimé les mêmes idées. Il n'y a pas de

théorie du polymorphisme, il y a des Algues polymorphes. L'évolution de quelques-unes, décrite par l'un ou l'autre des auteurs, ne prouve absolument rien quant à l'évolution des autres que, par ex., Hansgirg peut avoir étudiées.

S'il pense avoir raison, sa méthode devrait être d'accumuler des preuves directes en faveur de ses affirmations. Ce n'est pas en ajoutant à la liste déjà longue, de ceux qui ont étudié le développement des Algues et qui ont nécessairement décrit des phases différentes dans l'évolution de ces Algues, une énumération plus longue encore d'auteurs qui sont sensés avoir parlé de la plasticité de ces végétaux, que cet auteur fera accepter les affirmations qu'il a émises sur les liens génétiques qui unissent des formes que les Algologues mettent dans des Classes, des Séries, des Familles, des Genres différents.

Nous ne saurions accepter cette manière de faire. L'article intitulé « Schlusswort » étant conçu dans cet esprit que nous regrettons, ne peut être un dernier mot. Le dernier mot est à la vérification, à l'inexorable jugement que portera sur toutes ces idées le développement de la science algologique.

Nous pensons avoir contribué pour notre part, dans les lignes qui précèdent, à mettre un peu de clarté dans ces questions qu'on s'est plu à embrouiller à plaisir tant du côté des partisans d'une *théorie* du polymorphisme que du côté des adversaires de ce qu'eux aussi appelaient la théorie.

Dans l'état actuel de la science le polymorphisme ne peut constituer une théorie; une théorie comporte des règles; elle est l'expression d'un ensemble de faits considérés à la lumière d'un ou de plusieurs principes.

On peut dire : la théorie du Transformisme selon Darwin, selon Lamarck, selon Weissmann, car les hypothèses de ces auteurs sont basées sur un certain nombre de principes qui selon eux expliquent le pourquoi des différences et des similitudes qui existent entre les êtres de groupes voisins ou d'affinité plus éloignée.

Mais nous ne voyons pas en quoi le polymorphisme tel qu'il est défendu par Hansgirg mérite le nom de théorie. Où sont les règles qui définissent cette théorie ? Nous les avons vainement cherchées.

On peut bien dire : La théorie des Morphoses, car en employant ce terme on entend dire que la morphologie des êtres, telle qu'elle nous apparaît, est conditionnée ; qu'elle est la résultante de causes incidentes, tant internes qu'externes ; cela étant, on classe les morphoses selon l'une des causes que, par l'expérience, on a trouvée efficiente ; puis constatant que cette cause efficiente ne l'est que si un second facteur est aussi actif, on décrit la morphose étudiée en fonction des facteurs découverts. Alors l'apparence de l'être n'est plus pour nous quelque chose d'absolument donné ; ce n'est que la manifestation des possibilités cachées dans son plasma en fontion des causes incidentes. Toute cette étude des morphoses ou comme on dit aussi de la morphologie expérimentale peut être exprimée par des théories ; l'une, qui fait intervenir des conditions particulières aux êtres vivants comme dans les théories néo-vitalistes de Reinke, les autres qui expriment tout en fonction de causes connues et du matériel donné.

Il serait trop long de dire les raisons pour lesquelles nous préférons les dernières.

Mais nous avons dû faire cette digression pour bien

indiquer que le polymorphisme tel qu'il est formulé, même par Hansgirg, n'est pas une théorie (Lehre). C'est pourquoi nous sommes d'accord avec Chodat dans sa lettre à Oltmans, quand il dit que Polymorphisme est un terme descriptif qui n'implique aucune théorie particulière et qui énonce seulement qu'une même plante peut se présenter sous différents aspects...

Tout autre est la manière d'employer le terme de polymorphisme par Dunbar[1].

L'optimisme que nous avions en commençant cette étude critique (p. 4) a été fortement ébranlé à la lecture de cet étrange ouvrage. Nous savions bien par expérience que ce ne sont pas toujours les méthodes les plus compliquées qui amènent aux meilleurs résultats. Nous avions pu nous assurer que les appareils compliqués qu'on a proposés pour la culture des Algues, par ex. celui d'ailleurs très ingénieux de Radais (v. l. c.) et celui de Schouten[2] ou sont restés des appareils de vitrines ou ont amené les observateurs, sous prétexte de précision, à publier des résultats plus que surprenants. Ainsi Schouten annonçant une expérience réussie de transformisme expérimental (Champignons) illustre son système.

C'est qu'avec la complication croissent aussi les difficultés de maniement et les dangers d'infection. En outre, ceux qui pensent avoir pris toutes leurs précautions vivent dans une quiétude qui peut être pernicieuse. A la lecture du travail de Dunbar on a l'impression que cet auteur s'est donné beaucoup de peine pour éviter des contami-

[1] *Zur Frage der Stellung der Bakterien, Hefen und Schimmelpilze im System.* München u. Berlin, chez R. Oldenbourg, 1907, 60 p. in-8° et 5 Pl.

[2] Küster, *Kultur der Mikroorganismen.* Leipzig-Berlin, 1907.

nations et qu'il possède la technique des cultures pures. Mais la plus belle des techniques si elle n'est pas maniée par un esprit critique peut devenir une cause d'erreur. L'histoire moderne de la Biologie a enregistré plus d'un insuccès, plus d'une erreur publiée par ceux-là même qui semblaient être à l'abri d'erreurs provenant de défauts de méthode. Ainsi la question de l'origine des levures telle qu'elle a été présentée il y a quelques années par Jörgensen s'est trouvée fausse. Et cependant cet auteur possédait admirablement la technique bactériologique. C. Hansen n'a pas eu de peine à réfuter les opinions avancées par Jörgensen[1].

Dunbar nous affirme que dans ses cultures pures, mais surtout dans les vieilles cultures, apparaissent des Bactéries puis des levures et finalement des mycètes. Il laisse même entrevoir que si ses recherches trouvent faveur auprès du public scientifique, il annoncera définitivement que les Algues produisent aussi des Infusoires.

Faut-il maintenant contemptueusement penser que le travail bizarre de Dunbar ne vaut pas la peine d'être étudié. Ce n'est pas notre avis. Dunbar, en effet, nous dit que ces Bactéries apparaissent surtout lorsque les milieux sont légèrement alcalins. C'est pour les botanistes une indication qu'ils connaissaient déjà que pour favoriser le développement des Algues un milieu neutre ou très légèrement acide est préférable. Mais le travail de Dunbar nous montre que peut-être dans plus d'une culture que l'on prend pour pure, il se peut qu'il y ait cependant encore un ou plusieurs germes de Bactéries qui, dans les milieux habituels n'arrivent pas à se développer et qui peuvent, lors-

[1] *Ueber den Ursprung der Alkoholhefen.* Kopenhagen, 1895.

que le milieu change de réaction, se développer après avoir été empêchés de se multiplier dans les conditions précédentes. Pour vérifier la pureté de nos cultures nous avions toujours procédé de la façon suivante : Les cultures obtenues par triage sur Agar après plusieurs triages successifs sont portées sur gélatine. Si sur ce milieu il ne se développe pas de Bactéries il y a grande chance pour que les Bactéries soient absentes. Nous employons en effet les mêmes milieux gélatinisés que ceux que nous utilisons pour la culture des Bactéries. Pour être plus sûr il faudra désormais employer de la gélatine légèrement alcalinisée si les Algues supportent ce milieu.

Nous tenons pour certain que les résultats de Dunbar s'expliquent par le fait, qu'à ses Algues se sont collés des germes de Bactéries restés dormants et qui avec le temps sont arrivés à pouvoir se développer. Mais que penser de ces résultats quand il nous dit avoir obtenu des levures à partir des cultures pures d'Algues. Malheureusement les Champignons sont les ennemis les plus terribles des cultures d'Algues. Pour éviter l'infection il faut de temps à autre flamber le coton qui ferme le flacon ; il faut aussi éviter de conserver les Erlenmeyer dans une serre trop confinée, car avec l'augmentation de l'humidité augmentent les chances pour les *Penicillium* de pouvoir germer au travers du coton. Nous avons dit plus haut qu'on peut aussi humecter le coton avec une solution de sublimé corrosif. Ces précautions étant prises les chances d'infection sont minimes.

Même lors des inoculations, lorsqu'il s'agit de centaines de flacons nous n'avons à enregistrer que fort peu d'insuccès. Et nous avons actuellement étudié en culture pure plus de 40 Algues d'espèces différentes.

Ceci étant dit que faut-il donner comme réfutation des expériences de Dunbar ?

Une description de l'Algue intéressante serait nécessaire. L'auteur a négligé de nous la décrire lorsqu'elle était à l'état de pureté, nous ne savons pas si elle a ou n'a pas de pyrénoïde, comment est son chromatophore, comment se fait sa multiplication, toutes choses qui nous auraient tout d'abord intéressés. Donc au point de vue algologique le travail de Dunbar est nul et non avenu. Puis comment se fait-il que dans les cultures de Levures qui se pratiquent depuis des années dans tous les laboratoires de fermentation, n'apparaissent jamais des Algues ? Dans le sanctuaire de la culture des levures, à Copenhague, non seulement jamais on n'a vu se développer à partir des cultures pures de levures, que des levures du même type sans Bactéries et sans Algues. C'est à peine si, après tant de patientes et précieuses recherches, Hansen a pu remarquer la séparation dans un même milieu de culture, de deux races physiologiques, levure basse et levure haute[1].

Nous cultivons depuis de longues années toute espèce de Bactéries, de Mycètes, d'Algues et jamais nous n'avons constaté la moindre transformation de ces plantes les unes dans les autres.

« Nicht weniger als dreimal war es, wie ein bekannter Forscher sich ausdrückt, nötig, die Irrlehren vom poly- und pleomorphismus der Pilze, Bacterien und Algen totzuschlagen, successiv und gesondert für Pilze, für Bacterien und für Algen[2].

[1] Hansen, *Oberhefe und Unterhefe, Studien über Variation und Erblichkeit,* C. B. f. Bakt. II. Abt. Bd. XVIII, 577.

[2] Dunbar, *loc. cit.*, II.

Ah! sans doute si polymorphisme devient synonyme de transformisme, alors il devient nécessaire de tirer les armes de leur fourreau. Mais de grâce que le geste ne soit pas disproportionné à l'effort nécessaire. « A brebis tondue Dieu mesure le vent ».

Encore ici comme à propos du polymorphisme défendu par Hansgirg, nous ne pouvons et ne devons prolonger une démonstration d'erreurs qui sont évidentes. Si, contre toute vraisemblance, Dunbar pense avoir raison c'est à lui de trouver des preuves plus convaincantes pour nous amener à vouloir le suivre dans son argumentation. Il n'a donné en faveur de ses affirmations aucune preuve décisive. On n'y découvre aucune loi; ces êtres s'engendrent au hasard.

CHAPITRE IV

Le système naturel des algues et le polymorphisme.

CHLOROPHYCÉES[1]

A. — MÉIOTRICHIALES :

Zoospores à deux ou à quatre cils symétriques, ou spores sans cils.

Série I. — Protococcales.

Jamais de cloisonnement vrai et persistant (rarement pseudothalles gélatineux dont chaque cellule est susceptible de se libérer).

Série II. — Pleurococcales.

A côté d'une multiplication par sporanges (parfois absente ?) multiplication par division végétative, vrai cloisonnement ; les sporanges se forment dans des cellules ordinaires sur le parcours des filaments ou du thalle.

[1] Comparer ce système avec les plus récents : 1° Blackmann et Tansley, *A Revision of the classification of the green Algæ*, New Phytologist, I, 1902, et 2° Oltmans, *Morphologie und Biologie der Algen*, Jena, G. Fischer, 1904.

Série III. — Chroolépoïdales.

Comme dans le type précédent, mais sporanges différenciés.

Série IV. — Siphonales.

Pas de division végétative, plantes continues plurinucléés ou à articles plurinucléés.

B. — **PLÉOTRICHIALES**

Zoospores à une couronne de cils égaux ; oosphères et spermatozoïdes.

Série I. — Œdogoniales.

Famille *Œdogoniacées.*

C. — **ATRICHIALES**

Pas de zoospores, ni de spores, conjugaison.

Série I. — Conjugatæ.

Famille *Desmidiacées.*
Famille *Zygnémacées.*

SÉRIE I. — PROTOCOCCALES

Famille Volvocaccées.

Cellules ordinairement librement nageantes pendant leur phase principale à deux ou à quatre cils, isolées ou réunies en cénobes ordinairement mobiles.

A. — Tribu des *Polyblépharidées.*
Cellules nues.
Genres : Polyblepharis, Pyramimonas.

B. Tribu des *Chlorodendrées ?* Chloraster. Tetratoma Bütsch.
Cellules disposées sur des pieds muqueux simples ou ramifiés. Genre : Chlorodendron, Euglenopsis.

C. — Tribu des *Chlamydomonadées.*
Cellules munies d'une membrane ordinairement muqueuse.
Genres : Carteria, Chlamydomonas, Sphærella, Brachiomonas, Lobomonas, Polytoma, Chlorogonium, Chlamydoblepharis, Cercidium.

D. — Tribu des *Phacotées.*
Cellules entourées d'une membrane plus ferme, carapace parfois formée de deux pièces.
Genres : Phacotus, Pteromonas, Coccomonas.

E. — Tribu des *Volvacées*.

Cellules mobiles ordinairement groupées en cénobe mobile quadri ou multicellulaire.

Genres : Gonium, incl. Tetragonium Pandorina, Stephanosphæra, Pandorina, Eudorina, Eudorinella, Platydorina, Pleodorina, Volvox.

Famille Palmellacées.

Cellules adultes retenues dans une gelée générale de forme définie ou indéfinie.

Genres : Palmella (sensu Chodat), Tetraspora, Stapfia, Sphærocystis, Apiocystis.

Famille Protococcacées.

Cellules isolées ou groupées en cénobes par la réunion des spores formées à l'intérieur d'une cellule mère ; ces spores peuvent par une germination anticipée prendre déjà dans le sporange la forme définitive (autospores) ; rarement états palmelloïdes.

A. — PROTOCOCCACÉES ZOOSPORÉES

Multiplication par zoospores biciliées.

Genres : Chlorosphæra, Sykidium, Endosphæra, Characium, Dicranochæte, Conochæte, etc.

B. — PROTOCOCCACÉES AUTOSPORÉES

Multiplication par spores immobiles déjà chlamydées à leur sortie ou rarement nues. Il y a très souvent formation de cénobes plus ou moins persistants :

Genres : *a)* Chlorella, Dictyosphærium. Hofmania, Lagerheimia, Richteriella, Cœlastrum. *b)* Palmellococcus, Schizochlamys, Tetracoccus, Oocystis, Chodatella, Bohlinia. *c)* Crucigenia, Willea, Crucigeniella, Coccomyxa, Actinastrum, Dimorphococcus. *d)* Raphidium, Schrœderia, Scenedesmus, Centratractus, Selenastrum, Kirchneriella. *e)* Polyedrium, Lemmermannia, Tetrastrum, Sorastrum. *f)* Golenkinia, Franceia, Phythelios. *g)* Eremosphæra, Exentrosphæra.

C. — PROTOCOCCACÉES HEMIZOOSPORÉES

Plantes toujours en cénobes ; multiplication par zoospores qui s'organisent toutes ensemble à l'intérieur d'une grande cellule ou d'une vésicule expulsée.

Genres : Pediastrum, Euastropsis, Hydrodictyon.

SÉRIE II. — PLEUROCOCCALES

Famille Ulothrichiacées.

Filaments simples à chromatophore unique par cellule en plaque pariétale avec ou sans pyrénoïdes ; ou chaînettes de cellules facilement désarticulées ou finalement gélifiée.

A. — PYRÉNOTRICHIALES

Chromatophore à pyrénoïde.

Genres : Ulothrix, Hormidium, Homospora, Radiofilum.

B. — APYRÉNOTRICHIALES

Glœotila, Stichococcus, Catena (Dactylothece ?)

Famille Ulvacées.

Division du thalle dans deux directions ; thalle foliacé ou vésiculeux ; chromatophore pariétal avec pyrénoïde.

Genres : Monostroma, Enteromorpha, Ulva.

Famille Pleurococcacées.

Thalle ordinairement réduit, pleurococcoïde ou filamenteux, simple ou ramifié ; pas de zoospores.

Genres : Pleurococcus, Microthamnium ? Gongrosira ? Foreliella.

Famille Prasiolacées.

Thalle filamenteux ou rubané ou foliacé, chromatophore unique, étoilé avec pyrénoïde central.

Genres : Prasiola (Schizogonium).

Famille Chétophoracées.

Filaments ramifiés, à rameaux plus ou moins en poils, ou poils spéciaux. Zoospores 2-4 ciliées ; chromatophore pariétal à 1-∞ pyrénoïdes. — Gamètes.

Genres : Stigeoclonium, Chætophora, Draparnaldia, Endoclonium, Pseudoclonium, Epicladia, Protoderma, Pleurastrum, Chætonema, Bolbocoleon, Acrochate, Aphanochæte, Gonatoblaste, Endoderma, Phæophila, Ochlochæte, Chætopeltis, Ctenocladus, Ulvella, Pringsheimia, etc.

Famille Coléochétacées.

Comme la famille précédente, mais gamète femelle immobile renfermé dans un oogone.

Genres : Coleochæte, Bulbochæte.

SÉRIE III. — CHROOLÉPOIDALES

Filaments ramifiés ; chromatophores sans pyrénoïdes, zoosporanges caducs ou nettement différenciés.

Genres : Trentepohlia, Phycopeltis, Cephaleuros.

SÉRIE IV. — SIPHONALES

Pour cette série nous suivons exactement Oltmans[1].

[1] Oltmans, *Morphologie und Biologie der Algen*. Jena, 1904.

PHÉOPHYCÉES
(Système provisoire).

Absence totale d'amidon, parfois paraamylum; chromatophore sans vrais pyrénoïdes, chlorophylle masquée plus ou moins par des pigments accessoires comme Xanthophylle, Péridinine, Diatomine, etc. Zoospores quand elles existent asymétriques ou cils asymétriques.

Série I. — Chrysomonadineæ (sensu Oltmans) :

Série II. — Confervales.

Famille *Chloromonadacées.*
Genres : Chloramœba, Chlorosaccus.
Famille *Confervacées.*
Genres : Botrydiopsis, Ophiocytium, Sciadium, Heterococcus, Conferva, Bumilleria.
Famille *Botryococcées.*
Genre : Botryococcus (B. Braunii).
Famille *Botrydiacées.*
Genre : Botrydium.
Famille *Chlorotheciacées.*
Genres : Chlorothecium, Characiopsis, Mischococcus.
Famille *Cryptomonadacées.*
Genres : *Cryptomonas.*

Série III. — Euglénales.

Famille *Euglénacées.*

Série IV. — Péridiniales.

Famille *Péridiniacées*.

Série V. — Bacillariacées.

Série VI. — Phæosporales (sensu Oltmans).

Comme il n'a pas été possible au cours de cet exposé de parler de tous les groupes des Algues parce que nous avons pensé plus utile de traiter plus particulièrement des séries incriminées, nous allons dans les pages qui vont suivre résumer nos connaissances sur la variabilité des Algues, en d'autres mots, sur leur polymorphisme œcogénique.

Nous suivrons dans ce court exposé la classification précitée qui nous paraît résumer d'une manière approximative les résultats des plus récentes recherches tant les nôtres que celles des auteurs qui se sont occupés de ces questions de systématique basées sur la connaissance de l'évolution ontogénique des Algues. Cette classification exprime aussi, clairement, nos idées sur le polymorphisme en mettant dans des groupes différents des Algues que certains polymorphistes pensaient être en lien génétique (*Pleurococcus, Stichococcus, Conferva,* etc.).

Volvocacées.

Les genres à cellules isolées, comme *Chlamydomonas,* peuvent former des états palmelloïdes fort considérables et qui ressemblent alors à un *Glœocystis,* à un *Tetraspora* (Pl. XVII, S, T, U, V). Ceci est prouvé par les cultures pures que nous avons du *Chlamydomonas* sp. ; cela a souvent été décrit. Mais il est certain que dans cette famille il y a beaucoup d'espèces caractérisées par leurs

chromatophores, la nature de la membrane, le nombre des cils, les pyrénoïdes etc. La grosseur des cellules peut varier beaucoup. Dans la Tribu des *Volvocacées,* le genre *Gonium* désagrège facilement ses cénobes; les cellules isolées d'un *Gonium* peuvent alors être confondues avec un *Chlamydomonas;* il y a aussi dans les *Gonium* des états gélifiés et des hypnocystes. Toutes les Volvocacées cénobiées passent par une forme larvaire[1]. Les colonies de *Volvox* varient beaucoup (polymorphisme sexuel).

Voir : Chodat, *Algues vertes de la Suisse;* Gay, *Recherches,* 1891 ; Golenkine, *Pteromonas,* Bull. Soc. imp. Mosc., 1891 ; Wille, *Algologische Notizen,* Nyt. Mag. for Natur videnskaberne, 1903 ; Chodat, *Matériaux,* l. c., 1894; Dill, O. E., *Chlamydomonas,* Jhb. f. w. Bot., 28 ; Hieronymus, *Stephanosphœra,* Cohns Beit., 1884; Klein, *Volvox,* Jhb. f. w. Bot., 1889.

Palmellacées.

Dans les Palmellacées, le nombre et la grosseur des cellules varie beaucoup. Dans le *Sphaerocystis* cela s'observe à l'intérieur d'une même colonie; il y a aussi des hypnospores; des états unicellulaires isolés ressemblent à des *Chlamydomonas*. Le nombre des cellules et la forme des colonies dans l'*Apiocystis* varient excessivement.

Voir Correns, *Apiocystis*, Zimmermann, Beit. z. Pfl. zelle. 3 ; Chodat, *Etudes de Biologie lacustre : Sphaerocystis*, Bull. Herb. Boiss., 1897; Id., *Matériaux : Palmella*, Bull. 1894 ; Moore, *Apiocystis*, Journ. Linn. Society, 1890 ; Chodat, *Stapfia*, Bull. l. c. T. V, 939.

[1] Chodat, *Algues vertes,* p. 123.

Protococcacées zoosporées.

Ici la variation est souvent extrême ; les formes se laissent souvent difficilement définir dans les milieux naturels ; il y a des états gélifiés irréguliers. Tout le groupe est à réétudier au moyen des cultures pures.

Voir : Oltmans, pour la littérature.

Protococcacées autosporées.

Il n'est pas certain qu'il existe dans ce groupe des zoospores. Celles qui ont été décrites n'ont pas été revues (*Dictyosphaerium, Golenkinia*). Le polymorphisme de quelques espèces a été décrit dans les pages précédentes. Il y a un nombre considérable de genres et d'espèces et nous avons montré qu'on arrivera à en multiplier le nombre par l'examen en culture pure. Quelques espèces des genres : *Scenedesmus* et *Raphidium* sont excessivement plastiques ; d'autres comme : *Chlorella, Coccomyxa,* etc., le sont beaucoup moins. La plupart des espèces décrites par les auteurs modernes sont très probablement de bonnes espèces. Dans les Protococcacées formant des Cénobes : *Scenedesmus, Crucigenia, Actinastrum, Cœlastrum,* etc., il y a beaucoup de variations relatives au nombre et à l'arrangement des cellules qui souvent peuvent s'isoler et simuler des espèces de Protococcacées à cellules isolées comme *Chlorella*.

Voir : Chodat, *Algues vertes de la Suisse ;* Senn, *Koloniebildende Alg.*, Bot. Zeit., 1889 ; Grintzesco, *Scenedesmus*, Bull. Herb. Boiss., 1902 ; Id., *Chlorella vulgaris,* Rev. gén. de Bot., 1903 ; Artari, *Protococcoideen,* Bull. S. imp. nat., Moscou, 1892.

Protococcacées hémizoosporées.

Ici la variation frappe surtout le nombre et l'arrangement des cellules de chaque cénobe (*Pediastrum*, 2-64-128 cellules).

Voir : Chodat et Huber, *Pediastrum,* Bull. Soc. Bot. suisse où sont décrits des états cœlatroïdes, expérimentaux, de *Pediastrum Boryanum ;* Askenazy, *Pediastrum*, B. d. d. bot. G., 1888.

Ulotrichiacées pyrénotrichiales.

Dodel-Port a décrit les variations de l'*Ulothrix zonata* (Jhb. f. w. Bot. 1876) dans un travail fondamental ; puis Klebs (in Beding., Jena 1896) où les variations des zoospores et de gamètes en fonctions des conditions sont indiqués ; voir aussi Chodat, Alg. vertes de la Suisse ; Gay (Recherches, 1891), a aussi décrit les états gélifiés des *Ulothrix* déjà étudiés précédemment par Cienkowski (Bul. Acad. imp. d. sc. Pétersbourg., 1876) (états palmelloïdes).

La désarticulation des filaments en cellules isolées (faux *Stichococcus*) est décrite dans Gay, *l. c.,* dans Klebs, *l. c.* et dans Chodat, l. c. pour le *Hormidium flaccidum* et *H. nitens*. Par les cultures pures Klebs a pu déceler l'existence certaine de formes parallèles (*H. nitens* et *H. flaccidum*) v. Beding, *l. c.*

Ulotrichiacées apyrénotrichales.

Ce sont des formes avec ou sans zoospores, se désarticulant habituellement. Voir sur les *Stichococcus* notre étude pg. 117. Sur *Gloeotila,* Borzi, Studi Algologici fasc. II, Table 31, où sans doute les formes figurées sont

en mélange et correspondent à deux espèces d'Algues, l'une du groupe des *Stichococcus,* l'autre d'un groupe d'Algues ramifiées. C'est un travail à vérifier. Sur le développement des *Stichococcus :* Artari, *Zur Frage über die Wirkung des Mediums,* Jhb. f. w. bot., 1903 ; Klercker, *Flora,* 1896, *Stichococcus.*

A part les phénomènes de désarticulation et les variations dans la longueur des cellules et quelques productions de cellules courbées ou renflées, on n'a pas décrit dans ce genre de polymorphisme important. Les cultures pures ont définitivement classé les *Stichococcus* dans cette tribu des Ulotrichiacées et ont mis fin à cette légende que ces plantes dériveraient d'autres Algues filamenteuses. Les cellules désarticulées des *Hormidium* sont de faux *Stichococcus* à pyrénoïdes.

Voir aussi Matruchot et Molliard, *Variations de structure d'une Algue,* Revue gén. d. Bot., 1902.

Ulvacées.

Dans cette famille la forme du thalle est très variable. *(Ulva, Enteromorpha, Monostroma);* il est donc difficile de définir des espèces d'après la forme du thalle.

Pleurococcacées.

Nous comprenons cette famille au sens de Chodat ; toutefois nous avons éliminé le *Pleurococcus vulgaris* Menegh. qui appartient aux Prasiolacées (voir plus haut, p. 67 et seq.). Soit l'étude dans la nature, soit l'étude à partir de cultures pures, démontre que le *Pleurococcus Naegelii* Chod. est une Algue capable de produire des filaments, dépourvue de pyrénoïdes et qui ne peut, par conséquent, rester parmi les Protococcacées autosporées

au sens de Wille qui avait pris le *Pleurococcus Nägelii* Chod. (= vulgaris Näg. non Menegh.) comme type de cette famille.

Voir aussi à ce sujet : HEDLUND, *Polymorphism hos aerobiotiska chlorophyceer* in OFVERSIGT AF KONGL. Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar, 1899. L'auteur reconnaît comme Chodat plusieurs espèces qui ont reçu le nom de *Pleurococcus vulgaris* et montre qu'on peut, malgré les ressemblances extérieures, les distinguer par leur cytologie, p. 517 l. c.; il décrit les filaments simples ou ramifiés issus des paquets, les cellules productrices de spores, gonidies, comme les avaient décrits CHODAT (*Matér.*, l. c., et Alg. v., l. c.). L'auteur autant que j'ai pu le comprendre (travail écrit en Suédois) a bien saisi que dans la nature il y a souvent un mélange de diverses espèces. Ce travail répète les recherches de Chodat qui sont antérieures ; l'auteur décrit soigneusement les productions filamenteuses.

CHÉTOPHORACÉES.

Dans cette famille il y a souvent un polymorphisme excessif. Nous avons déjà attiré l'attention sur les cellules isolées et les états palmelloïdes décrits par Cienkowski ; il faut y ajouter les talons qui se forment souvent à la germination de certains Stigeoclonium et qui ont été décrits par Tilden, Chodat et Fritsch (voir CHODAT, *Algues vertes,* et FRITSCH, Beih. z. B. C. B., Bd. 13, Tab. II).

On connaît aussi l'excessif polymorphisme du *Chaetonema irregulare* décrit par HUBER in Bull. Herb. Boiss., 1894, et CHODAT, *Algues vertes,* 325.

Dans plusieurs genres il y a formation d'hypnocystes qui en se détachant peuvent simuler des Algues unicel-

lulaires. Ainsi *Draparnaldia, Chaetophora,* etc. Enfin il faudrait citer les divers *Endoclonium* et les *Protoderma* et les *Pleurastrum,* formes mal définies que l'on ne saurait placer autre part, mais qui sont si variables et si mal connus qu'elles restent des « Genera dubia ».

Voir : *Endoclonium :* Wille, *l. c.,* Nyt. Mag. ; Huber, *Chétophoracées,* Ann. Sc. nat. XVI ; *Protoderma,* v. Borzi et le polymorphisme plus que douteux qu'il attribue à ce genre mal défini ; *Pleurastrum,* voir Chodat, Matér. pour servir à l'histoire, etc., genre tout aussi mal défini et qui est à réétudier.

Quoiqu'il en soit, ce sont toutes des plantes souvent munies de poils à zoospores biciliées ou quadriciliées, à chromatophores en plaque simples ou découpées toujours pourvus de pyrénoïdes. Elles ont toutes une tendance à la ramification. Il n'y a donc pas lieu de supposer avec Hansgirg que les Chétophoracées peuvent dériver des *Ulothrix* (l., c. p. 398).

Trentepohliacées.

Tout le monde sait que le *Chroolepus umbrinus* peut exister à l'état de cellules isolées. Il n'est pas du tout démontré que le *Protococcus caldariorum* soit une forme du *Trentepohlia lagenifera* comme le prétend Hansgirg l. c. 400.

Un travail d'ensemble sur le développement et les caractères cytologiques des Trentepohliacées fait encore défaut.

Phéophycées.

Il nous a paru naturel de réunir aux Phéophycées habituelles la plupart des Flagellées vertes ou vert olive ou jaunes à l'exception des Volvocinées. L'asymétrie de leurs

cils ou de leurs zoospores, l'absence de véritable amidon, la couleur des chromatophores qui n'est jamais franchement verte, et des raisons d'enchaînement montrent, quand on les examine de plus près, qu'il y a, à partir des Chrysomonadinées par les Euglènes, les Péridiniacées une série assez naturelle qui aboutit soit aux Diatomacées, soit aux Confervacées et aux Phaeosporées proprement dits.

Il est aussi parmi ces plantes des types polymorphes comme le genre *Heterococcus* dont Chodat a décrit sommairement l'histoire et dont nous avons donné ici le développement. Il est à remarquer que les états unicellulaires de cette plante ont pu être confondus avec ceux d'un vrai *Pleurococcus Nägelii* et nous ne sommes pas loin de penser que plus d'une forme qu'on a attribuée à ce dernier appartient à des stades unicellulaires du genre *Heterococcus*.

Quant au genre *Botryococcus* que la plupart des auteurs attribuent aux Palmellacées ou aux Tétrasporacées c'est certainement une Algue de ce groupe. C'est une erreur de Carlson[1] que de lui attribuer des cils du type de *Tetraspora;* l'auteur en question a pris des Bactéries pour des cils ; d'ailleurs le chromatophore de cette plante qui ne divise ses cellules que longitudinalement, est absolument dépourvu de vrai pyrénoïde avec amylosphère.

Nous avons étudié en culture pure le *Conferva bombycina* et deux espèces de *Bumilleria;* ces plantes ne présentent aucun polymorphisme important et dans tous les cas se montrent parfaitement distinctes.

[1] Carlson, Ueber *Botryodictyon elegans* Lemmerm. und *Botryococcus Braunii* Kütz., in Botaniska studier, 1906, p. 140.

CONCLUSION

Il y a certainement des Algues qui par leur extrême variabilité méritent le nom de polymorphes, si par ce nom on entend exprimer qu'une plante peut se présenter sous plusieurs aspects sans changer de nature.

Par conséquent, dans une certaine mesure, on peut défendre la thèse que les Algues sont polymorphes. Mais leur polymorphisme est du même ordre que celui que présentent beaucoup de végétaux. Comme pour les plantes supérieures il en est de remarquablement plastiques et d'autres peu plastiques.

Mais d'une manière générale on ne peut admettre les thèses formulées par Hansgirg dans son Mémoire[1] et que nous avons répétées ici, p. 19 et seq.

D'autre part, tant les études dans la nature que celles à partir de cultures pures, dans des conditions variées, montrent qu'à côté d'Algues polymorphes il en est tout autant, si ce n'est plus, qui présentent une remarquable stabilité.

C'est pourquoi nous ne croyons pas qu'il soit justifié de parler d'une manière générale d'une *théorie* DU POLYMORPHISME DES ALGUES (voir p. 148).

[1] *Ueber den Polymorphismus der Algen,* Bot. Centralblatt, 1885, p. 288, 279 et 280.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre I. — Principes et méthodes 5
Chapitre II. — Systématique expérimentale 53
Pleurococcus 53
Heterococcus 74
Chétophoracées 76
Microthamnium 78
Protococcacées 80
Protococcacées arrondies ou elliptiques 103
Ulotrichiacées 114
Desmidiacées 121
Diatomacées 129
Schizophycées 130
Chapitre III. — Théorie de la mutation des Algues en bactéries, en levures et en autres mycètes et peut-être aussi en infusoires 139
Chapitre IV. — Le système naturel des Algues et le polymorphisme 149
Chlorophycées 149
Phéophycées 156
Conclusion 165

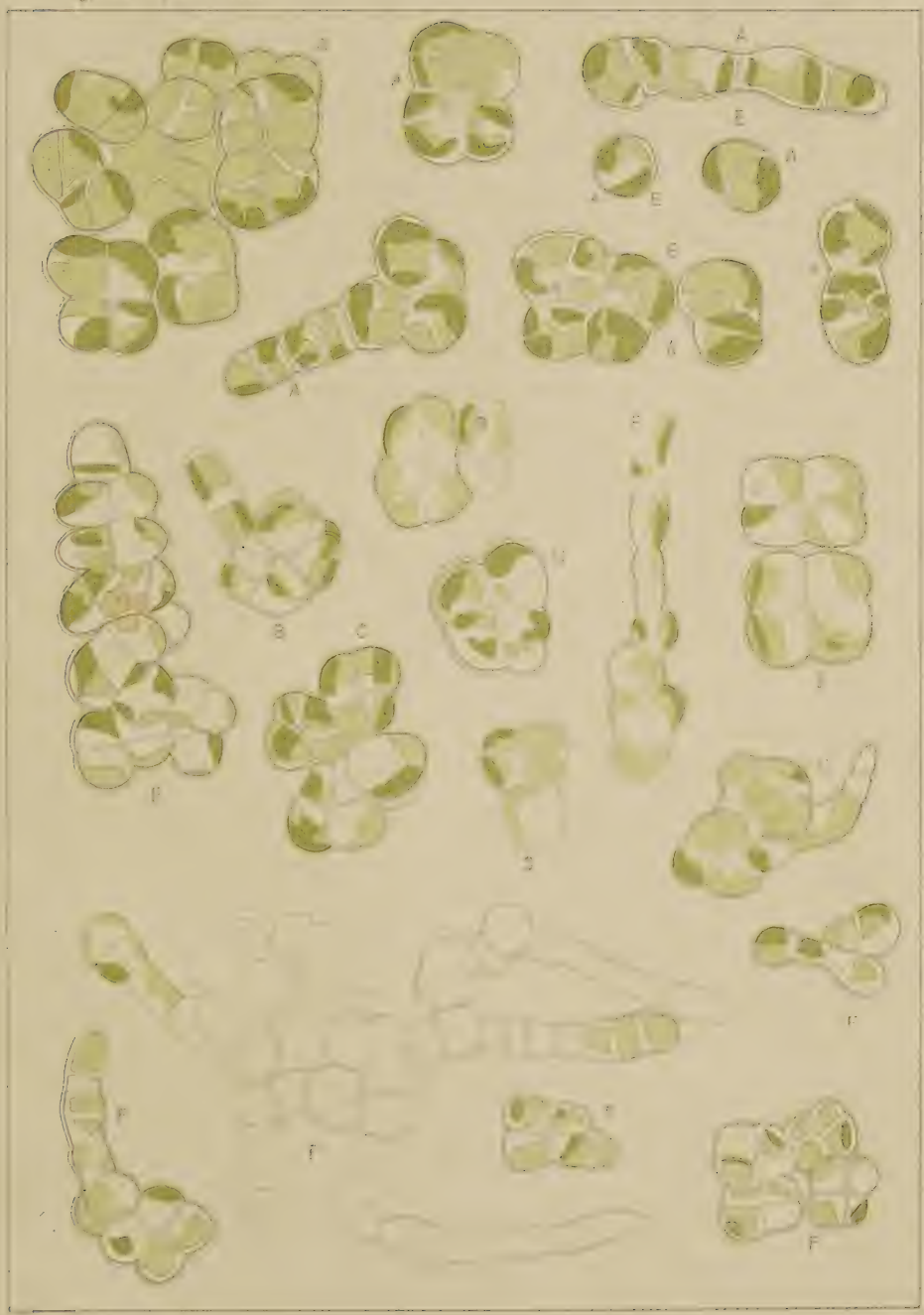
PLANCHE I

Pleurococcus Naegelii Chodat.

A. Diverses formes de croissance sur milieu agarisé et sucré.
B. Autre culture sur Agar.
C. » » » »
D. Origine d'un filament court (autre culture).
E. Formes en paquet ou en filaments larges.
F. Culture sur gélatine glycosée.

Polymorphisme

Pl. I



ATAR, GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE II

Pleurococcus vulgaris Menegh. non Naeg.

Toutes les formes figurées sont obtenues en culture relativement pure, c. à. d. sélectionnées en milieu agarisé sans sucre, mais encore souillé par des mycètes et des bactéries.

Fig. 1. paquet pleurococcoïde.
» 2. filament issu d'un paquet pleurococcoïde.
» 3. thalle pluricellulaire issu du cloisonnement d'un filament.
» 4. forme habituelle.
» 5. type intermédiaire.
» 6. terminaisons de filaments ; on voit bien le chromatophore unique, lobé, étoilé avec pyrénoïde central.
» 7. filament qui passe au thalle plurisérié.
» 8-9. Id.
» 10. désarticulation et arrondissement des cellules d'un filament.
» 11. filament.
» 12. cellules en disposition tétraèdrique ou isolées.
» 13. Id.
» 14. formes pleurococcoïdes.
» 15. filament avec groupes tétraèdriques.

ATAR, GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE III

Schizogonium radicans Ktz.

Provenant de la même écorce qui a servi à isoler les Pleurococcus de la Planche II.

A. On voit des cellules isolées arrondies (12-15) des filaments (10, 5, 4, 1-3), des paquets (5-6), des cellules prêtes à sporuler. Dans les fig. 2 et 3 on voit l'origine de rhizoïdes.

B. Autres formes, toutes à chromatophore étoilé ou lobé et à pyrénoïde central.

Cellules isolées arrondies (5, 6, 7, 8-13); sporange (14), spore (13) — filaments habituels (1-2), on voit le mode d'arrondissement des cellules dans la gaine — 4, forme à rhizoïde incolore.

ATAR, GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE IV

Schizogonium radicans Ktz.

Cellules arrondies provenant de la libération des éléments cellulaires des filaments (6-10; 13, 14, 17, 18) — origine des cellules arrondies isolées (1-4; 19, 20, 21) — formation de paquets pleurococcoïdes (11, 12, 19, 20) — production de rhizoïdes et formation de cellules arrondies (21).

Dessins faits à la chambre claire (Imm. à l'eau, obj. 4); même écorce que Pl. III.

ATAR, GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE V

Heterococcus viridis Chod.

Culture pure sur Agar glycosé.
A. zoospores biciliées, à cils inégaux.
B. zoosporanges (Imm. eau, oc. 4).
C. formes variées, arrondies, cloisonnées bi-pluricellulaires, filamenteuses, pleurococcoïdes (8, 15, 16) (obj. Leitz 7, oc. 4).

R. Chodat, del.

PLANCHE VI

Heterococcus viridis Chodat.

(Imm. eau, oc. 4)

1, filament désarticulant ses cellules; 2, petit thalle mi-pleurococcoïde, mi-filamenteux; 3, thalle pleurococcoïde; 4-6 formation de filaments par cloisonnement avec allongement linéaire.

7, filament désarticulant une cellule; 8, deux petites spores; 9, extrémité d'un filament; 10-15, diverses formes pleurococcoïdes.

15-23, Id. — 24-32, zoospores (24, 25 plus fortement grossies).

LATAR. GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE VII

Microthamnium Kützingianum Naeg.

A. 1, portion de filament se préparant à la désarticulation; on voit entre les protoplastes une paroi épaissie gélifiée. — 2-8, cellules isolées.

B. Id., d, paroi épaissie gélifiée.

C. Id., 1, on voit en *a* une cellule se libérer, en *b*, une cellule prête à se détacher. — 2, gélification de la paroi de séparation.

D. esquisse d'un thalle ramifié, d, comme plus haut. On n'a pas figuré les formes habituelles.

F. *Scenedesmus obtusus* Mey.

Culture sur Agar-glycose 2 %.

Formes isolées ou cénobes (1, 2, 13, 3), cellules arrondies (7, 15, 16, 11, 12, 4, 9), squelette vide d'un autosporange. (Imm. Seibert, oc. 4.)

E. *Rhaphidium minutum* Naeg.

1-15, formes d'une même culture.

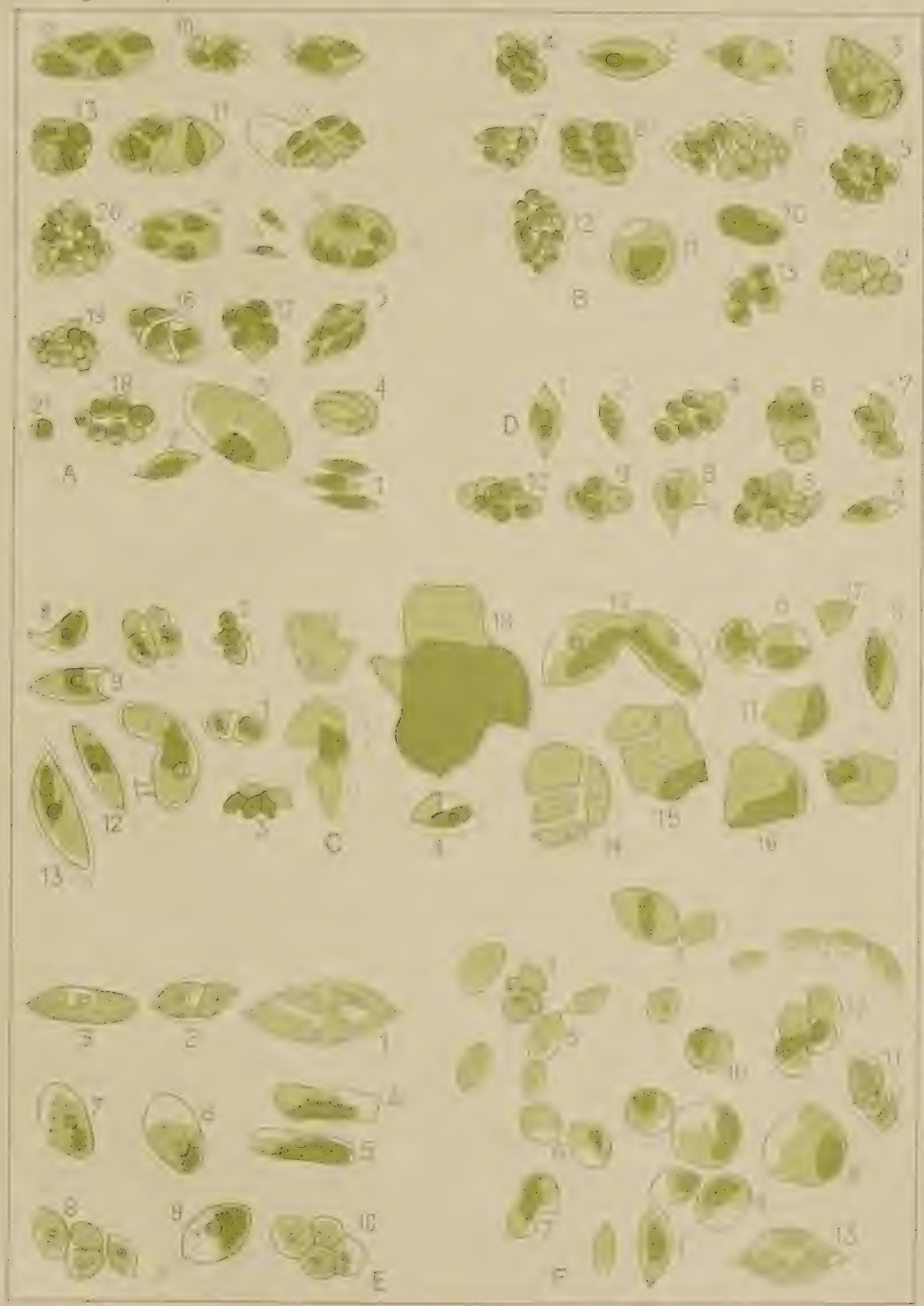
R. Chodat, del.

PLANCHE VIII

Scenedesmus acutus Mey.

A. Culture sur gélatine.
formes variées et sporulation. — 5-16, diverses formes et stades d'autosporulation — 13, 18-20-21, sporulation et spore arrondie.
B. Id. sur Agar.
1, division transversale ; 3, formation d'autospores irrégulières ; 6, autosporange à autospores plus ou moins anguleuses ; 7, 13, émission des autospores ; 4, 5, 12, formation des spores arrondies.
C. Polymorphisme excessif, cellules géantes (11, 18), aberrantes (10, 15, 16, 14), autospores et spores (2, 3, 4, etc.)
D. Comme B.
E. Id. sur gélatine.
formes diverses, aberrantes ; 1, production d'autospores, 2, id. 8 et 10, autospores sorties de la membrane de la cellule-mère ; 9, exuviation d'une cellule, on voit la membrane ancienne rejetée.
F. Sur milieu moût-gélatinisé.
Formes arrondies, dactylococcoïdes (5), autosporie (4, 13), spores (11, 12).

N. B. — On n'a pas figuré les formes habituelles, voir Chodat, Algues vertes de la Suisse.



LATAR, GENÈVE

R. Chodat, del.

PLANCHE IX

Rhaphidium Braunii Næg.

A. sur milieu minéral, agarisé.

Formes habituelles (3, 24, 19, etc.) et formes aberrantes (23), aberrantes en voie de sporulation (1, 5, 6, 13, 18, 21, etc.) Par compression se forment de faux parenchymes (5, 15, 16, 21), la segmentation est incomplète (15, 17).

B. sur milieu Agar glycosé.

formes normales et aberrantes, arrondies (12, 18, 21, 19, 26); sporulation (23, 20, 17, 4).

Polymorphisme

Pl. IX

ATAR. GENEVE

R. Chodat, del.

PLANCHE X

Rhaphidium Braunii Naeg.

A. Sur Agar glycosé.
Polymorphisme, formes aberrantes lobées, autospores (16, 41, 37, 42).
B. *Raphidium polymorphum* Fresen.
1, autospores irrégulières, 2, autosporie habituelle ; 3-6, formes irrégulières.
C. Id., — 2 et 6, production d'autospores.
D. Id. — formes aberrantes ; 7-12, en voie de multiplication.

R. Chaussidier

PLANCHE XI

Scenedesmus quadricauda Breb.

A. formes aberrantes, 1, 2, 4 spinescentes, 3 inermes, 5, munies de protubérances (cellules géantes); 8, forme incomplètement segmentée; 7, deux cellules dans lesquelles on voit bien la forme du chromatophore.

B. Culture sur Agar sucré, formes aberrantes, 4, en réseau, 3 et 5 cellules géantes à protubérances de la membrane en forme de bouton.

D. Culture sur gélatine.

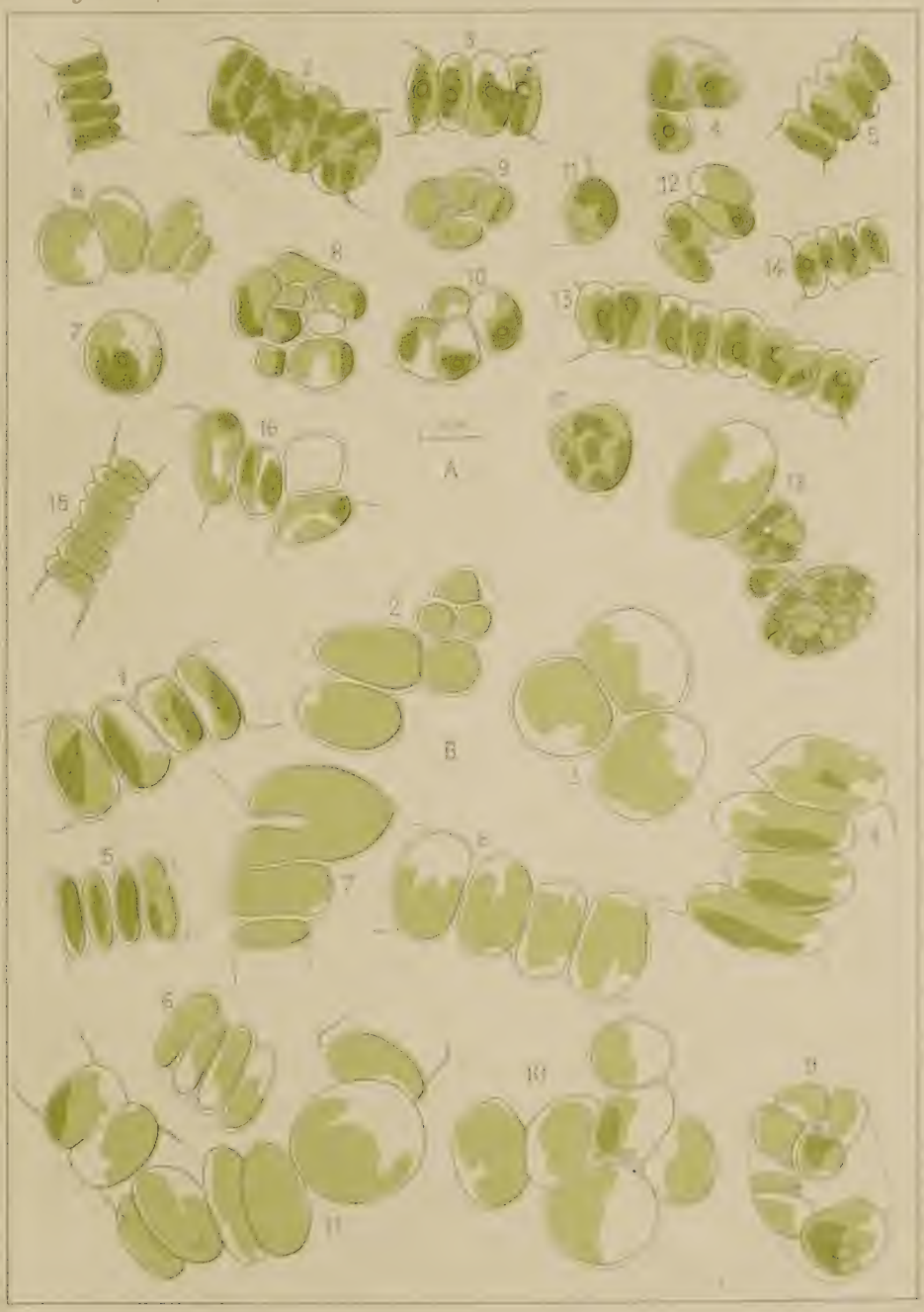
Cellules aberrantes à membrane épaissie, inermes ou spinescentes.

ATAR GENEVE

R. Chodat, del.

PLANCHE XII

A. *Scenedesmus quadricauda* Breb. (Grange Gabi, Salève).
Culture sur Agar glycosé.
1, 5, 13, 15, 3, cénobes linéaires 4-8 cellulaires ; 2, 16, 18, stades divers de sporulation ; 4, 6, 7-10, formes célastroïdes.
B. *Scenedesmus quadricauda* Breb. (d'une autre provenance), formes variées.



ATAR GENÈVE

R. Chodat, del.

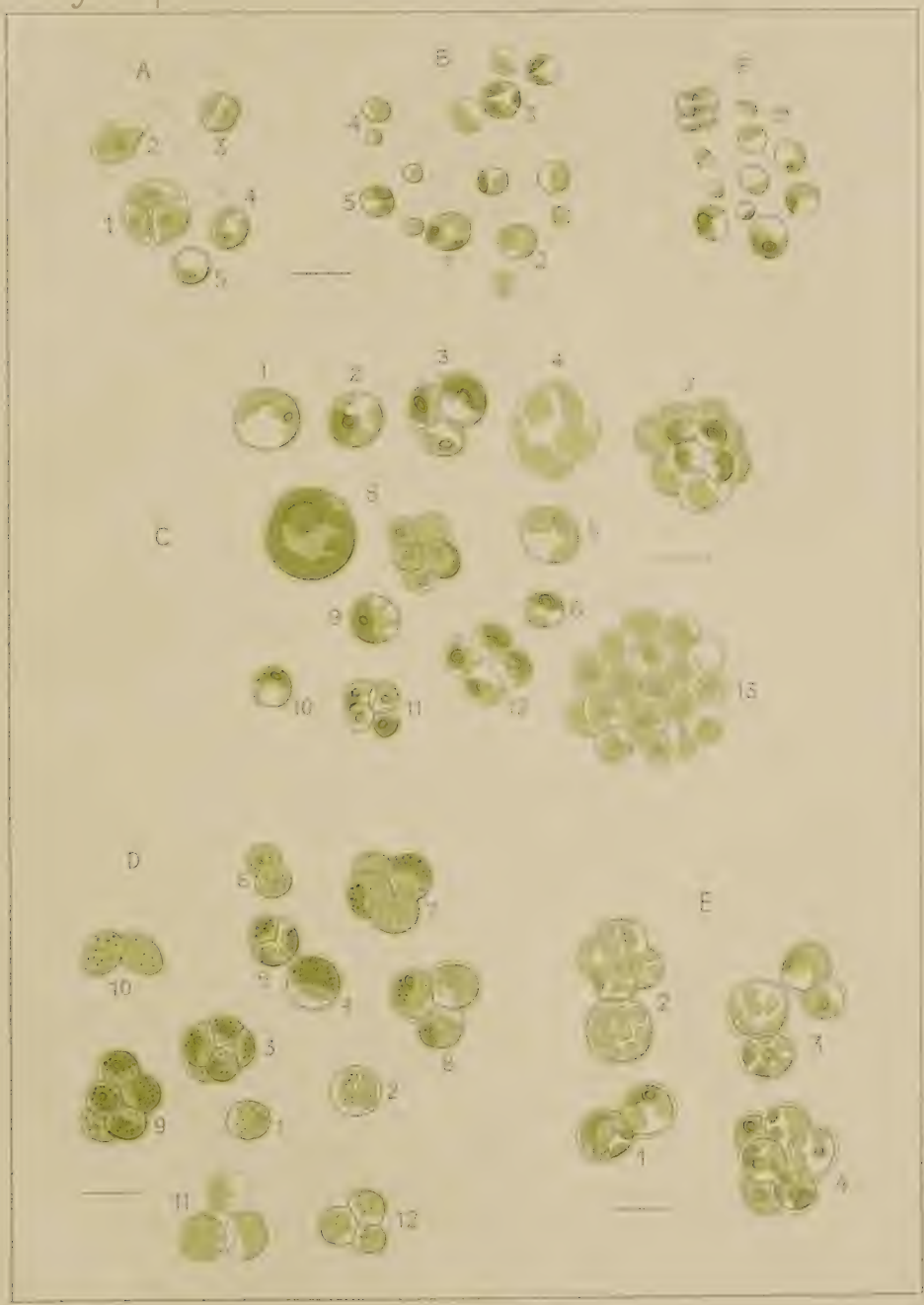
PLANCHE XIII

A. *Scenedesmus costulatus* Chodat (Lossy)
Culture sur Agar sucré.
Arrangement varié des cénobes ; 4, 6, 11, disposition célastroïde.
B. Id. — 3, stries saillantes sur la membrane, voir aussi, A-5.
C. *Scenedesmus obtusus* Mey.
1, sporulation (Agar) 2, id. (gélatine).
D. a. *Stichococcus minor* Naeg., on voit les globules de graisse.
b. *Hormidium flaccidum.*
Gros filament à comparer avec les autres dessinés au même grossissement.
c. *Stichococcus bacillaris* Naeg.
d. *Stichococcus mirabilis* Beijr.
e. » *pallescens* Chod.
f. *Coccomyxa Solorinae* Chod.
Ces diverses espèces cultivées sur un milieu de même composition et pendant le même temps. (Agar sucre-peptone).
E. *Stichococcus bacillaris* Naeg., d'une autre culture.

P. Chodat del.

PLANCHE XIV

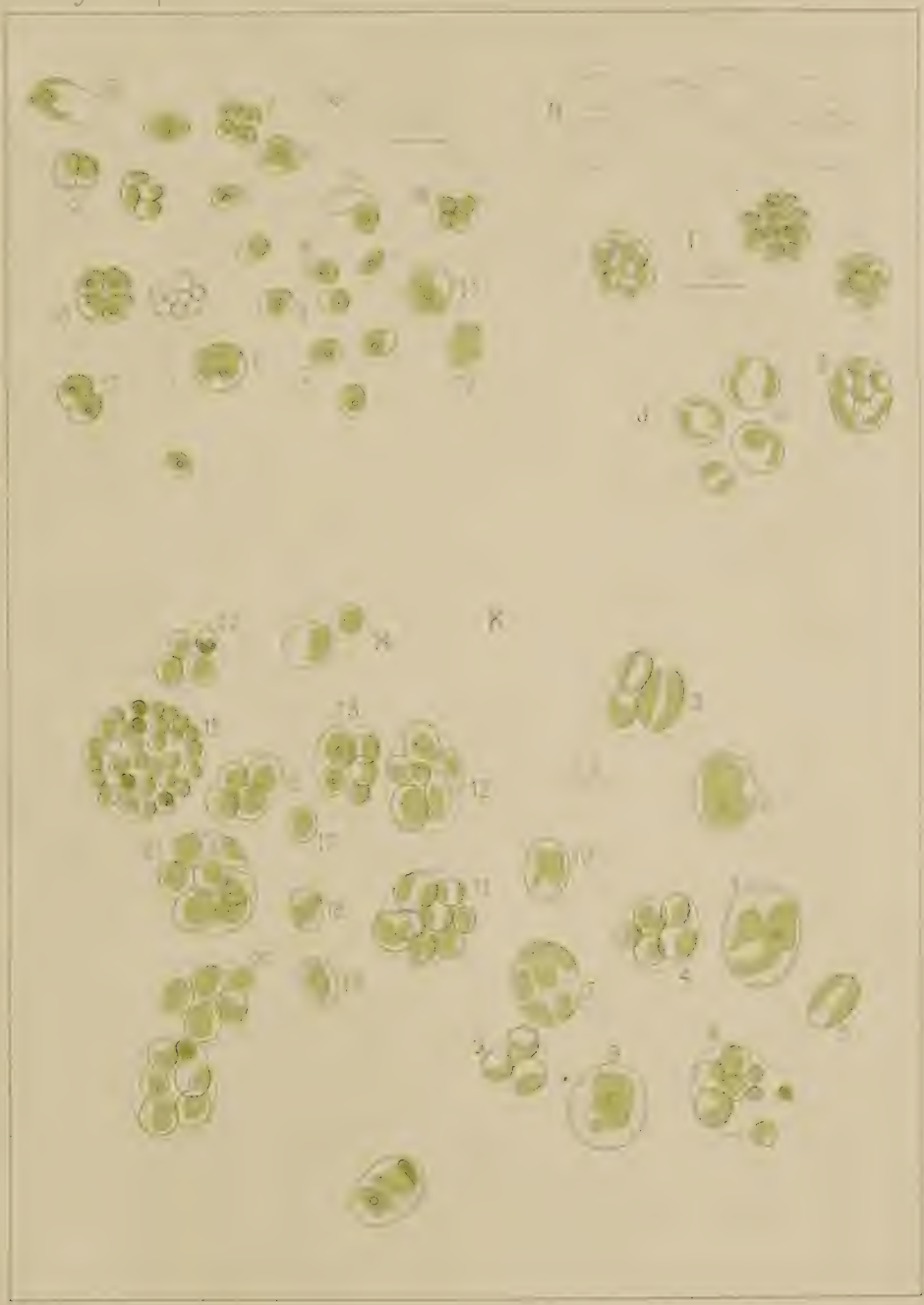
A. *Chlorella genevensis* Chod.
(Agar sucre-peptone). B. Id., Agar simple sans sucre-peptone.
C. *Cœlastrum microporum.*
Cellules isolées et cénobes (Agar).
D. *Chlorella cœlastroides* Chod.
Cellules isolées et cénobes. — E., Id. on voit mieux les chromatophores.
F. *Chlorella vulgaris* Beij. (Agar).



R. Chodat, del.

PLANCHE XV

G. *Chlorella rubescens* Chod. (Agar).
Cellules isolées et sporulation. H. Id. (Ag. sucré).
I. Id. *Palmellococcus protothecoïdes* Beijr. (Agar-peptone).
K. *Chlorella lacustris* Chod., sporulation.



R. Chodat, del.

PLANCHE XVI

L. *Palmellococcus variegatus* Chod. (Agar).
M. *Palmellococcus variegatus* Chod. (Agar-peptone).
N. *Palmellococcus protothecoides* Chod.
O. *Oocystis Naegelii* Br. formes aberrantes.

R. Chodat, del.

PLANCHE XVII

O. *Coccomyxa lacustris* Chod.
1. le premier groupe (Agar). 2. Agar sucre-peptone. 3. Gélatine. (cellules 9-12 μ/3-2,5 μ.)
Q. dessin à la chambre claire (Agar-glycose).
R. *Coccomyxa Solorinae* Chod.
S. *Chlamydomonas pulvisculus* Ehrb.
Cellules quiescentes gélifiées sur Agar sucré. — T. Id. on voit les emboitements des membranes. — U. cellules quiescentes à pyrénoïdes multiples. — V. état gléocystioïde.

R. Chodat, del.

PLANCHE XVIII

Association artificielle de 11 algues unicellulaires extraites de culture pure et dessinées à la chambre claire au même grossissement. L'observateur le plus habile ne saurait dans ce mélange reconnaître avec certitude ce qui appartient à l'une et ce qui appartient à une autre espèce.

+ *Oocystis Naegelii* Br.; , *Coccomyxa lacustris* Chod.; · *Stichococcus lacustris* Chod.; ! *Chlorella genevensis*; Δ, *Chlorella cœlastroides* Chod.; γ, *Chlorella rubescens* Chod.; α *Chlorella lacustris* Chod.; i, *Palmellococcus variegatus* Chod.; 6, *Palmellococcus protothecoides* Chod.; λ, *Chlorella vulgaris* Beijr.; c, *Cœlastrum microporum genevensis.*

+ Oocystis Naegelii
" Coccomyxa lacustris
· Stichococcus "
! Chlorella genevensis
Δ " " coelastroides
χ " " rubescens
α Chlorella lacustris
δ Palmellococcus variegatus
θ " " protothecoides
λ Chlorella vulgaris
c Coelastrum microporum

R. Chodat, del.

PLANCHE XIX

A. *Stichococcus pallescens* nob. (Gélatine sucrée) — A II, (Agar sucré).
B. *Stichococcus bacillaris* Næg. (Agar) — C. (Agar, sucré).
D. *Stichococcus minor* Næg.
E. *Stichococcus pallescens* Chod. 1, Gélatine, 2, Agar sucré.
F.-G. *Stichococcus lacustris* Chod.
H. *Coccomyxa Solorinae* Chod.

R. Chodat, del.

PLANCHE XX

A. *Stichococcus mirabilis* Lagh. (Agar-peptone)
B. Id.
C. et E. *Stichococcus bacillaris* Næg. (Agar)
F. *Stichococcus minor* Næg. (Agar)
D. *Nostoc sp.*

R. Chodat, del.

PLANCHE XXI

Pleurocapsa salevensis Chod.

A. Cellules isolées, groupées ou en voie de multiplication (1, 3, 14, 7, 16, 20).
B. Formation de spores après segmentation.
Cultures pures sur Agar.

ATAR GENÈVE.

R. Chodat, del.

Explication des deux tables en couleur

Photographie en couleur (procédé des trois couleurs) de cultures pures sur Agar glycosé (glycose 2 %). Chaque colonie a été photographiée après 6 mois de culture en lumière diffuse. Les colorations ne sont pas celles du début, mais apparaissent seulement après plusieurs mois d'exposition. Les plaques d'Agar étaient renfermées dans des flacons Erlenmeyer. Les photographies sont de grandeur naturelle.

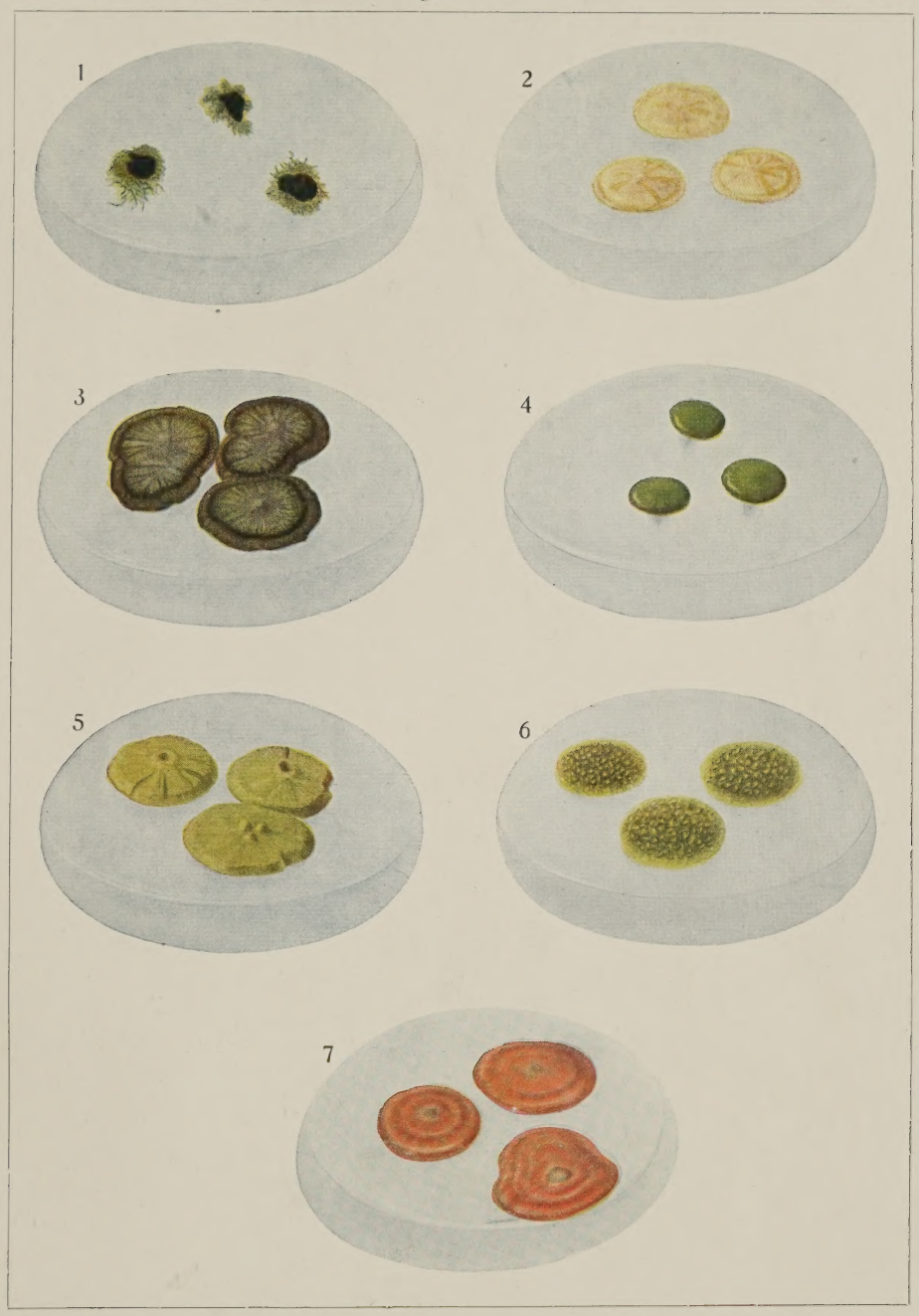
TABLE A

1. *Heterococcus viridis* Chod.
2. *Oocystis Naegelii* Br.
3. *Stichococcus pallescens* Chod.
4. *Stichococcus bacillaris* Næg.
5. *Microthamnium Kützingianum*
6. *Chlorella rubescens* Chod.
7. *Conferva bombycina*

TABLE B

1. *Stichococcus mirabilis* Lagh.
2. *Palmellococcus saccharophilus* Chod.
3. *Scenedesmus quadricauda* Breb.
4. *Chlorella vulgaris* Beij.
5. *Chlorella villosa* Chod.
6. *Bumilleria sicula* Borzi.
7. *Scenedesmus obtusus* Mey.

Sadag, Genève.



Sadag, Genève.

Princeton Theological Seminary Libraries
1 1012 01213 3338

MÉMOIRES
publiés à l'occasion du Jubilé de l'Université de Genève par les soins de la Commission des Publications.
(Fonds du Jubilé).

Mémoires parus le 1er juillet 1909 :

CHODAT, Robert. — *Etude critique et expérimentale sur le polymorphisme des Algues.* Avec XXI planches.

ETERNOD, A.-Ed. — *L'œuf humain. Implantation. Gestation. Trophoderme. Placenta.* 8 planches lithographiées hors texte, nombreuses figures dans le texte.

FULLIQUET, Georges. — *Le problème de la souffrance. Essai d'apologétique moderne.*

MARTIN, Alfred. — *Observations sur les pouvoirs attribués au juge par le Code civil suisse.*

MEUMANN, Gottlieb-Auguste. — *Observations sur le système du droit privé.*

MONTET, Edouard. — *Le culte des saints musulmans dans l'Afrique du Nord et plus spécialement au Maroc.* Avec 10 illustrations.

NAVILLE, Edouard. — *Les têtes de pierre déposées dans les tombeaux égyptiens.*

NAVILLE, Adrien. — *La Logique de l'identité et celle de la contradiction.*

OLTRAMARE, Paul. — *La formule bouddhique des douze causes. Son sens originel et son interprétation théologique.*

REVERDIN, Jaques-L. — *Quelques remarques sur l'énucléation intraglandulaire dans le goître.*

SEITZ, Charles. — *L'historien Niebuhr citoyen de Genève.*

WUARIN, Louis. — *L'avenir des Campagnes.*

Catalogue des ouvrages, articles et mémoires, publiés par les Professeurs et Privat-Docents de l'Université de Genève. *Documents pour servir à l'Histoire de l'Université de Genève.* Vol. V. — Rassemblés par M. le Dr C. JULLIARD, avec la collaboration de M. F. AUBERT.

Mémoires annoncés :

BALAVOINE, Hippolyte. — *Le Nouveau Testament et le Gouvernement de Droit divin.*

BOUVIER, Bernard. — *H.-F. Amiel. Le professeur et le citoyen.*

CLAPARÈDE, Edouard. — *La psychologie animale de Charles Bonnet.*

CLAPARÈDE, Hugo DE. — *Les Burgondes jusqu'en 443. Contribution à l'histoire externe du droit germanique.*

DE CRUE, Francis. — *L'action politique de Calvin hors de Genève, d'après sa correspondance.*

GUYE, Philippe-A. — *Calcul systématique de la table des poids atomiques.*

MORIAUD, Paul. — *De la Famille paternelle sans puissance paternelle en droit romain.*

NICOLE, Jules. — *Textes grecs inédits de la collection papyrologique de Genève.*

PARTSCH, Joseph. — *De l'Edit sur l'alienatio judicii mutandi causa facta.*

Imprimerie Albert Kündig, Genève.